



UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Facultad de Medicina y Odontología

Departamento de Estomatología

**ESTUDIO COMPARATIVO DEL CONTACTO HUESO-
IMPLANTE Y EL ÁREA ÓSEA PERIIMPLANTARIA EN
IMPLANTES INMEDIATOS CON Y SIN CARGA
INMEDIATA EN EL PERRO BEAGLE.**

Gabriel Villaverde Ramírez

Santiago de Compostela, octubre del 2010

D. **Juan Blanco Carrión**, Profesor del Departamento de Estomatología de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Santiago de Compostela, y D. **Fernando Muñoz Guzón**, investigador Parga Pondal del Departamento de Ciencias Clínicas Veterinarias de la Universidad de Santiago de Compostela.

HACEN CONSTAR:

Como Director y Co-director, respectivamente, de la Tesis Doctoral que lleva por título "**Estudio comparativo del contacto hueso-implante y el área ósea periimplantaria en implantes inmediatos con y sin carga inmediata en el perro beagle**", realizada por el Licenciado en Odontología, Don Gabriel Villaverde Ramírez, que cumple todos los requisitos para ser presentada y defendida ante el oportuno Tribunal para optar al Grado de Doctor en Odontología.

Fdo.: Dr. D. Juan Blanco Carrión

Fdo. Fernando Muñoz Guzón

Fdo. Gabriel Villaverde Ramírez

AGRADECIMIENTOS

Quisiera dar las gracias a todas las personas que han hecho posible la realización de esta tesis doctoral, especialmente:

A los directores de esta tesis: al Prof. Dr. D. Juan Blanco Carrión y al Dr. D. Fernando Muñoz Guzón, como directores, por su incondicional ayuda, sin cuya labor esta tesis no sería posible.

Al equipo de veterinarios del Hospital Clínico Veterinario Rof Codina de Lugo, especialmente a la Dra. Natalia Miño Fariña por su hospitalidad y disponibilidad.

Al equipo de técnicos dentales del laboratorio dental Oral Design de Lugo, especialmente a D. Javier Pérez López por sus conocimientos y buen hacer.

A mi esposa y amiga Sonia Lorenzo Carragal, porque su constante motivación y apoyo, además de sus aportaciones estadísticas, han sido fundamentales para la realización de esta tesis.

A mis hijos, Martín y Lucía, por ser el motor de mi vida.

A mi familia y amigos, en especial a mis padres y a mis suegros, por su apoyo incondicional.

INDICE DE CONTENIDO

ABREVIATURAS	19
I.- INTRODUCCIÓN.....	21
1. BIOLOGÍA DEL HUESO	23
1.1 Definición.....	23
1.2 Composición.....	23
1.3. Desarrollo del hueso.....	26
1.3.1. Osificación	27
1.3.2. Modelado y remodelado óseo.	28
2. HUESO ALVEOLAR.....	32
2.1. Definición.....	32
2.2. Anatomía macroscópica alveolar	34
2.3. Anatomía microscópica alveolar	36
2.4. Funciones	39
2.5. Modelado y remodelado alveolar	40
2.6. Cambios en el proceso alveolar tras la pérdida dentaria	42
3. OSTEointegración.....	47
3.1. Definición.....	47
3.2. Desarrollo histórico	47
3.3. Estabilidad primaria y secundaria	49
3.4. Métodos de evaluación de la estabilidad de los implantes.....	51
3.5. Evidencia científica en torno al análisis de frecuencia de resonancia	54

4. IMPLANTES INMEDIATOS.....	58
4.1. Clasificación de los implantes en relación con el tiempo de colocación.....	58
4.2. Evidencia científica en torno a los implantes inmediatos	59
4.2.1. Artículos de revisión	59
4.2.2. Estudios histológicos.....	62
4.2.3. Estudios clínicos.....	65
5. CARGA INMEDIATA	67
5.1 Tiempos de carga	67
5.2. El tejido óseo sometido a cargas (ley de Wolf).....	68
5.3. Evidencia científica en torno a la carga inmediata.....	70
5.3.1. Artículos de revisión	70
5.3.2. Estudios histológicos.....	72
5.3.3. Estudios clínicos longitudinales	81
II- JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	85
1. JUSTIFICACION.....	87
2. OBJETIVOS.....	88
III. MATERIAL Y MÉTODO	89
1. Animales de experimentación.	91
2. Implantes dentales.	93
3. Prótesis	94

4. Manejo de los animales	94
5. Diseño del estudio	95
6. Grupos de estudio	96
7. Procedimiento experimental.....	97
7.1. Día -30.....	97
7.2. Día 0	99
7.2.1. Procedimiento anestésico	99
7.2.2. Procedimiento quirúrgico	100
7.2.3. Fase de prótesis	106
7.2.4. Registros clínicos en el día 0	108
7.2.5. Cuidados posoperatorios.	113
7.3. Evaluación clínica a los tres meses de cicatrización.	113
8. Sacrificio de los perros.....	115
9. Preparación histológica de las muestras.....	115
9.1.- Fijación.	116
9.2.- Deshidratación.	117
9.3.- Infiltración plástica.	118
9.4.- Inclusión y polimerización.....	118
9.5.- Preparación del bloque para obtener una superficie paralela.....	120
9.6.- Preparación de la superficie de interés.....	122
9.7.- Tinción	124
10. Análisis histomorfométrico de las muestras.....	125
11. Análisis estadístico	130

IV. RESULTADOS131

1. Resultados clínicos en el día 0.	133
1.1. Diámetro medio mesio-distal y buco-lingual de los alvéolos post-extracción.	133
1.2. Altura de la mucosa media en los alvéolos post-extracción.....	134
1.3. Distancia media desde el hombro del implante al margen de la mucosa periimplantaria (DIM).	134
1.4. Medición del torque de inserción.	135
1.5. Análisis de frecuencia de resonancia	135
2. Resultados clínicos a los 3 meses.....	136
3. Resultados histológicos.	138
4. Resultados histomorfométricos.	142

V. DISCUSIÓN.....147

1. Estudio clínico.....	149
1.1.- Tasa de supervivencia de los implantes	149
1.2.- Tasa de supervivencia de las prótesis.	152
1.3.- Cicatrización no sumergida.....	153
1.4.- Diámetro de los alvéolos.....	154
1.5.- Altura de la mucosa	155
1.6. Análisis del torque de inserción de los implantes	156
1.7. Análisis de la frecuencia de resonancia (FRA)	158
2. Estudio histológico.....	161
2.1.- Tejidos blandos periimplantarios.....	161

2.2.- Tejido óseo periimplantario.....	162
3. Estudio histomorfométrico.....	166
3.1. Porcentaje contacto hueso-implante (BIC).	167
3.2. Área ósea trabecular.....	170
3.3. Orientación de las fibras de colágeno a nivel del hueso alveolar.....	171
VI. CONCLUSIONES	175
VII. BIBLIOGRAFIA.....	179
ANEXO	221

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Corte histológico de hueso donde se observa el osteocito en el interior de la laguna osteocíticas y los osteoblastos.....	24
Figura 2: Fotografía realizada con Microscopio Electrónico de Barrido de un osteoclasto; se distinguen los pseudópodos y las lagunas de Howship en la superficie del hueso.....	26
Figura 3: Diferencias entre modelado y remodelado óseo.....	28
Figura 4: Fases del proceso de remodelado óseo.....	31
Figura 5: Paladar óseo de un cráneo humano seco.....	32
Figura 6: Imagen radiográfica de la región premolar mandibular del perro Beagle en la que las flechas señalan la lámina dura (LD).	33
Figura 7: Sección buco-lingual del proceso alveolar de la región premolar mandibular del perro Beagle.....	35
Figura 8: Corte histológico del hueso alveolar maduro e inmaduro de la tabla lingual de la apófisis alveolar de la región premolar mandibular del perro Beagle.....	38
Figura 9: Sección buco-lingual de 12 semanas de cicatrización de un alvéolo de la región premolar mandibular del perro Beagle.....	45
Figura 10: Curva representativa de la frecuencia de resonancia.....	53
Figura 11: Curva representativa de la evolución en el tiempo de los valores de la frecuencia de resonancia en diferentes tipos de calidad ósea	55
Figura 12: Imagen clínica del área experimental. Pm 3: premolar 3; Pm 4: premolar 4.....	92
Figura 13: Imagen radiográfica del área experimental. Pm 3: premolar 3; Pm 4: premolar 4.....	92

Figura 14: Características de los implantes dentales del estudio.	93
Figura 15: Fotografía clínica representativa del grupo control y experimental.	97
Figura 16: Imagen Clínica de la toma de impresión e impresión de uno de los perros 30 días antes del día 0 mediante siliconas de adición pesada y ligera combinadas	98
Figura 17: Imagen clínica del procedimiento anestésico e imagen de la preparación del campo quirúrgico.	101
Figura 18: Imagen clínica odontosección.	102
Figura 19: Imagen radiográfica odontosección.	102
Figura 20: Exodoncia con forceps.	103
Figura 21: 3° y 4° premolar.	103
Figura 22: Imágenes clínicas que describen la colocación de los implantes:	105
Figura 23: Imágenes clínicas que describen la colocación de la prótesis inmediata:	107
Figura 24: Imagen radiográfica obtenida mediante radiovisiografía del área experimental.	108
Figura 25: Imágenes clínicas tras la exodoncia de ambos premolares en el grupo sin colgajo en el momento de la medición con sonda milimetrada del diámetro de los alvéolos post-extracción.	109
Figura 26: Imagen clínica tras la exodoncia de los premolares en el momento de la medición con sonda milimetrada de la altura de la mucosa.	109
Figura 27: Imagen radiográfica posoperatoria donde se observa la colocación de los implantes en los alvéolos distales de ambos premolares, así como los alvéolos mesiales desdentados de dichos premolares.	110
Figura 28: Imagen clínica de la medición del DIM.	111

Figura 29: Imagen del motor Intracurg® 300 (Kavo, Biberach, Alemania) utilizado para la colocación de los implantes y que posee registro del torque de inserción.....	111
Imagen 30: Imagen clínica de la toma de registro de la frecuencia de resonancia mediante el Osstell Mentor®.....	112
Figura 31: Imagen radiográfica posoperatoria realizada a los tres meses de cicatrización en el momento del sacrificio.....	114
Figura 32: Imagen de bloques óseos identificados en formol.....	117
Figura 33: Batería de alcoholes bajo agitación constante.....	117
Figura 34: Imagen de la unidad de reinfiltración Exakt 530.....	119
Figura 35: Imagen de la Exakt 520 para polimerización.....	120
Figura 36: Exakt 401 Vacuum Adhesive Press.....	121
Figura 37: Imagen de un bloque unido con resina a la lámina acrílica.....	121
Figura 38: Imagen de la prensa de fotopegado Exakt 402.....	122
Figura 39: Imagen de la sierra de banda Exakt 300.....	123
Figura 40: Imagen de la micropulidora Exakt 400.....	123
Figura 41: Imagen de la muestra final.....	124
Figura 42: Imagen de los diferentes productos utilizados para la tinción de las muestras definitivas.....	125
Figura 43: Imagen del equipo de digitalización de imágenes Olympus® DP12 que estuvo acoplado al microscopio óptico Olympus® CH30 y al estereomicroscopio Olympus SZX9 (óptica Olympus DF PLAPO Ix-2.....	125
Figura 44: Imagen representativa de las mediciones histomorfométricas realizadas en el estudio.....	129

Figura 45: Imagenes representativas de las mediciones realizadas mediante luz polarizada.....	129
Figura 46: Imagen histológica tras tres meses de cicatrización de un implante sometido a carga inmediata.....	139
Figura 47: Imagen histológica tras tres meses de cicatrización de un implante sometido a carga inmediata.....	140
Figura 48: Sección bucolingual de dos implantes de cada uno de los grupos de estudio a los tres meses de cicatrización.....	141

INDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Resultados medios (desviación estándar) en milímetros de los diámetros mesio-distal (M-D) y buco-lingual (B-L) de los alvéolos post-extracción del premolar 3 y del premolar 4.....	133
Tabla 2:	Resultado medio en milímetros de la DIM total y en cada perro, en bucal y lingual, en el grupo SIN carga y CON carga el día de la colocación de los implantes inmediatos.....	134
Tabla 3:	Resultado medio en Newtons del torque de inserción registrado mediante el propio motor de colocación de los implantes Kavo 3000 Intracurg®, en el grupo SIN carga inmediata y CON con carga inmediata a los tres meses de cicatrización.....	135
Tabla 4:	Resultado medio en valores ISQ de la frecuencia de resonancia medida mediante Ostell Mentor®, en el grupo SIN carga inmediata y CON con carga inmediata a los tres meses de cicatrización.....	136
Tabla 5:	Resultado medio en milímetros de la DIM en bucal y en lingual, en el grupo SIN carga y CON carga a los tres meses de cicatrización. DIM: Distancia del hombro del implante al margen de la mucosa periimplantaria; D.S.: Desviación estándar; n: tamaño de la muestra.	137
Tabla 6:	Resultado medio en valores ISQ de la frecuencia de resonancia medida mediante Ostell Mentor® (Integration Diagnostics, Gotemburgo, Suecia), en el grupo SIN carga inmediata y CON carga inmediata a los tres meses de cicatrización.....	138
Tabla 7:	Resultado medio del porcentaje de contacto hueso-implante (BIC) total y en cada perro en el grupo CON y SIN carga inmediata a los tres meses de cicatrización. D.S.: desviación estándar; n: tamaño de la muestra.	142
Tabla 8:	Porcentaje del área de desidad ósea trabecular entre roscas o espiras del implante en el grupo CON y SIN carga inmediata, a los tres meses de cicatrización. D.S.: desviación estándar; n: tamaño de la muestra.	143

Tabla 9:	Porcentaje del área de desidad ósea trabecular peri-implantaria, en el grupo CON y SIN carga inmediata, a los tres meses de cicatrización. D.S: desviación estándar: n: tamaño de la muestra.....	143
Tabla 10:	Porcentaje de fibras de colágeno de orientación transversa a la superficie del implante entre espiras (TCP) en el grupo CON y SIN carga inmediata, a los tres meses de cicatrización. D.S.: desviación estándar: n: tamaño de la muestra.....	144
Tabla 11:	Porcentaje de fibras de colágeno de orientación transversa a la superficie del implante en un área periimplantaria de 300µm alrededor del implante (TCP) en el grupo CON y SIN carga inmediata, a los tres meses de cicatrización. D.S.: Desviación estándar: n: tamaño de la muestra.....	145

ABREVIATURAS

B:	Bucal
BIC:	Porcentaje de contacto entre el hueso y el implante
BDA:	Área de densidad ósea trabecular
CE:	Cemento radicular
CI:	Carga inmediata
CO:	Cresta ósea
Cols.:	Colaboradores
CPL:	Luz circularmente polarizada.
D.S.:	Desviación estándar
D:	Distal
DES:	Diferencias estadísticamente significativas
DIM:	Distancia del hombro del implante al margen de la mucosa periimplantaria
Dte:	Diente
Ep:	Epitelio oral
FRA:	Análisis de frecuencia de resonancia.
HA:	Hueso alveolar
IM:	Intramuscular
ISQ:	Coefficiente de estabilidad del implante.
IV:	Intravenosa
Kg.:	Kilogramo
L:	Lingual
LAC:	Línea amelocementaria
LD:	Lámina dura
LGP:	Ligamento periodontal
M:	Mesial

mm:	Milímetro
n:	Tamaño de la muestra
Pm:	Premolar
SLA:	Sand-blasted Large grit Acid etched
TCP:	Porcentaje de fibras de colágeno de orientación transversa.
TPS:	Superficies de plasma spray de titanio.

I.- INTRODUCCIÓN

1. BIOLOGÍA DEL HUESO

1.1 Definición:

El hueso es un tipo de tejido conectivo especializado que se caracteriza por presentar una matriz extracelular mineralizada que le confiere rigidez y fuerza al tiempo que conserva cierta elasticidad; además participa activamente en el mantenimiento de la homeostasis del calcio en el cuerpo (Marks & Hermey 1996).

1.2 Composición:

El tejido óseo está compuesto por una matriz orgánica mineralizada, células y canales vasculares. La matriz orgánica constituye el 33% del peso del hueso y está compuesta principalmente en un 95% de colágeno de tipo-I y un 5% de proteoglicanos y proteínas no colágenas (sialoproteínas, osteocalcina, osteonectina) (Francillot-Viellot y cols. 1990; Marks & Hermey 1996; Cate y cols. 1998). Esta matriz no calcificada recibe el nombre de osteoide y su mineralización ocurre mediante la formación de cristales de hidroxiapatita que se depositan bajo control celular a lo largo de las fibras de colágeno (Bloom & Fawcett 1994; Marks & Hermey 1996; Boyde y cols. 1972; Cate y cols. 1998).

Además de esta matriz orgánica mineralizada el hueso contiene cuatro tipos de células: los osteoblastos, osteoclastos, células alineadas, que se encuentran en la superficie del hueso, y un cuarto tipo celular que son los osteocitos que encontramos incluidos en la matriz mineralizada (Figura 1). Los osteoblastos, osteocitos y las células alineadas se originan a partir de las

células osteoprogenitoras localizadas en la membrana osteogénica que se encuentra alrededor del hueso que se denomina periostio o endostio. Los osteoclastos derivan de precursores mononucleares hematopoyéticos (Marks & Hermey 1996; Recker y cols. 1996).

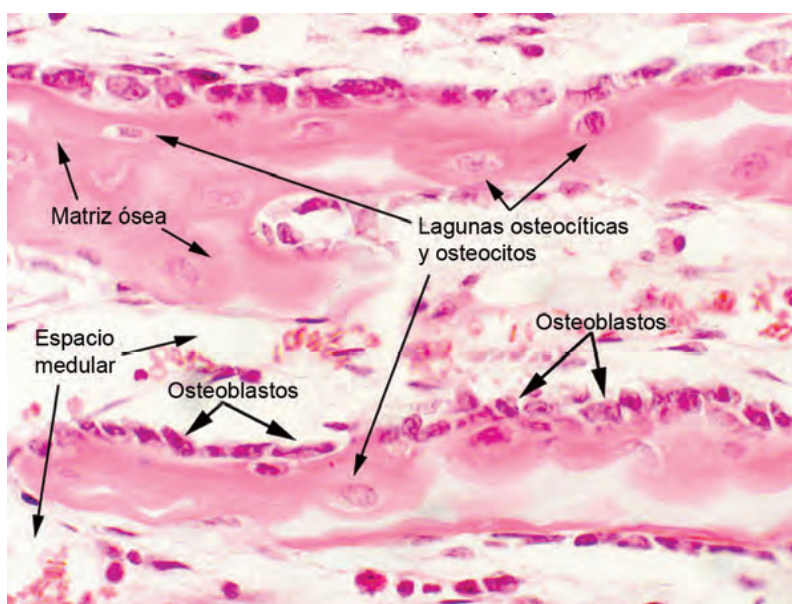


Figura 1. Corte histológico de hueso donde se observa el osteocito en el interior de la laguna osteocíticas y los osteoblastos.

Durante el crecimiento del hueso los osteoblastos sintetizan fibras colágenas y proteínas no colágenas que constituyen la matriz ósea no mineralizada denominada osteoide (Bloom & Fawcett 1994). Posteriormente, este mismo grupo celular lleva a cabo la mineralización de la matriz dando como resultado una nueva capa ósea o lamela. Debido a la mineralización de la matriz ósea el hueso no puede crecer de manera intersticial como lo hacen los tejidos blandos, sino que presenta un crecimiento especial que consiste en el crecimiento por superposición de nuevas lamelas de hueso. Este tipo de crecimiento denominado crecimiento aposicional depende de una membrana vascular con capacidad osteógena que tapiza la superficie externa e interna del hueso (denominadas periostio y endostio, respectivamente) y que

contienen las células osteoprogenitoras y los osteoblastos (de origen mesenquemático) que son los responsables de la formación de hueso. A medida que los osteoblastos van sintetizando osteoide se cubren con su propia secreción y quedan atrapados en la matriz ósea, ocupando un espacio denominado laguna osteocítica, donde se diferencian en osteocitos. Cuando los osteoblastos que se encuentran en la membrana detienen la formación de hueso se vuelven inactivos (quiescentes) y se transforman en células alargadas y aplanadas que reciben el nombre de células alineadas. Estas células, que conservan características de los osteoblastos como los receptores hormonales (Martin y cols. 1998), se localizan en las superficies que no sufren ni formación ni reabsorción ósea (Marks & Popoff 1988; Ott y cols. 1996; Recker y cols. 1996; Cate y cols. 1998). No se conoce mucho sobre la función de este grupo celular pero se cree que podrían actuar como sensores de la tensión mecánica (Lian & Stein 1999; Martin y cols. 2000) o que pudieran jugar un papel clave en la localización e inicio del proceso de crecimiento óseo (Marks & Hermey 1996).

Los osteoblastos, los osteocitos y las células alineadas están conectados entre sí por medio de procesos que discurren por pequeños canales o canaliculi de 0.03-0.2mm de diámetro (Currey y cols. 2002), y que constituye una red tridimensional relacionada con los procesos de mecanosensibilidad (Burger & Klein-Nulend 1999).

Además de la formación de hueso, durante el crecimiento, también se produce la actividad de reabsorción ósea realizada por los osteoclastos. Este tipo de células deriva de monocitos de la médula ósea y se caracterizan por ser multinucleadas y de gran tamaño (100-150 μm) (Bloom & Fawcett 1994). Para llevar a cabo la reabsorción de hueso, los osteoclastos se adhieren a la superficie ósea, que no esté cubierta por el periostio o endostio, y proceden a la desmineralización a través de una zona de la célula que se denomina borde festoneado. Los osteoclastos liberan enzimas lisosomales, generando un

microambiente ácido que disuelve los cristales minerales y posteriormente la matriz orgánica es eliminada por medio de la enzima collagenasa (Martin y cols. 1998; Väänaänen y cols. 1996). Como consecuencia de la reabsorción ósea se producen unas concavidades de distinto tamaño y forma en la superficie del hueso que se denominan lagunas de Howship. La variabilidad en la forma de estas lagunas se debe a la capacidad que tienen los osteoclastos de emitir pseudópodos, cada uno de los cuales actúa como una unidad funcional (Boyde y cols. 1972) (Figura 2).

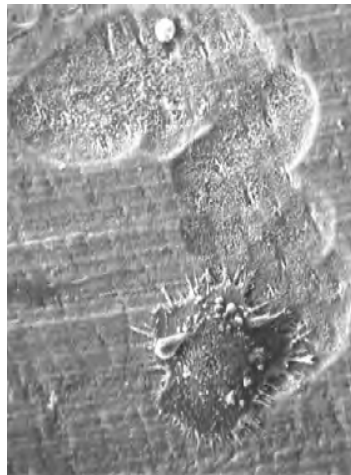


Figura 2. Fotografía realizada con Microscopio Electrónico de Barrido de un osteoclasto; se distinguen los pseudópodos y las lagunas de Howship en la superficie del hueso. Tomado de www.brsoc.org.uk/gallery.

1.3. Desarrollo del hueso:

Osificación, modelado y remodelado óseo. La relación entre las actividades de los osteoblastos (formación de hueso) y los osteoclastos (reabsorción de hueso) varía a lo largo de la vida del organismo, lo que nos permite diferenciar tres procesos durante el desarrollo del esqueleto: osificación, modelado óseo y remodelado óseo.

1.3.1. Osificación:

El desarrollo del hueso durante la etapa embrionaria se inicia con la formación de hueso nuevo mediante un proceso denominado osificación, que puede ser por un proceso directo denominado osificación intramembranosa, o por un proceso indirecto denominado osificación endocondral.

Ambos procesos requieren una base sólida y un aporte vascular para la elaboración y la mineralización de la matriz extracelular (Marks & Hermey 1996). La osificación intramembranosa se produce por la condensación de las células mesenquimáticas en áreas específicas del mesénquima o tejido conectivo embrionario donde se formará el hueso (Sadler y cols. 1991). En estos sitios comienzan a aumentar la vascularización y las células mesenquimáticas se transforman en osteoblastos, que comienzan la formación de osteoide (Bloom & Fawcett 1994; Cate y cols. 1998). Los huesos formados por este proceso que se acaba de describir se denominan huesos de membrana o intramembranosos y corresponde a los huesos del cráneo, de la cara, mandíbula y clavícula (Marks & Hermey 1996).

La osificación endocondral también se inicia con una condensación de las células mesenquimáticas en el sitio donde se desarrollará el futuro hueso. Sin embargo, estas células se diferencian en condroblastos que producen una matriz cartilaginosa que adquiere la forma general del futuro hueso. La osificación endocondral es responsable de la formación de los huesos largos, las vértebras, costillas y la base del cráneo.

A pesar de los diferentes orígenes embrionarios de la formación de un hueso, los huesos endocondrales e intermembranosos no difieren histológicamente (Bloom & Fawcett 1994; Cate y cols. 1998).

1.3.2. Modelado y remodelado óseo.

Después de la osificación, el hueso crece cambiando su forma y tamaño durante el desarrollo del organismo. Sin embargo, el hueso no crece isométricamente; es decir, no crece por deposición ósea en la superficie externa y reabsorción en la superficie interna. El hueso presenta un crecimiento diferencial donde el aumento de tamaño ocurre por medio de un mecanismo que implica la actividad coordinada de los osteoblastos y osteoclastos en diferentes puntos del hueso (Enlow y cols. 1982; Enlow & Hans 1996) y donde la deposición de hueso necesariamente excede a la reabsorción de hueso (Marks & Hermey 1996).

En 1987, H. M. Frost propuso la teoría mecanoestática donde distingue entre los procesos de modelado y remodelado óseo, (Figura 3). Según este autor, el mecanismo de modelado óseo implica las actividades coordinadas de los osteoblastos y osteoclastos pero desacopladas, resultando en el cambio del tamaño y la forma del hueso. Por el contrario, la remodelación ósea describe la actividad coordinada y acoplada de los dos tipos de células y tiene lugar a lo largo de la vida del organismo para mantener y reparar los huesos formados (Martin y cols. 2000).

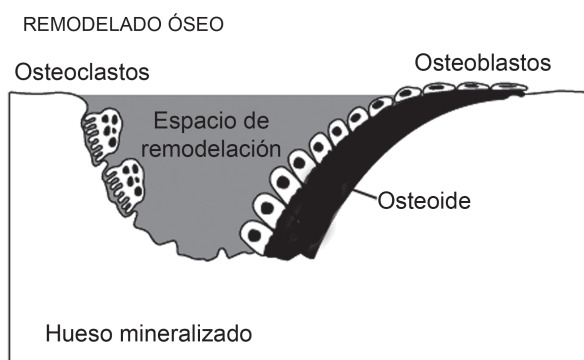


Figura 3. Diferencias entre modelado y remodelado óseo. En el modelado, la actividad de osteoblastos y osteoclastos no está acoplada y pueden ocurrir rápidos cambios en la posición, cantidad y forma del hueso. En el remodelado, la actividad de los osteoclastos está acoplada a la actividad previa de los osteoblastos. Los cambios en la cantidad y forma del hueso son mínimos en condiciones normales.

Modelado óseo:

Durante la niñez y la adolescencia los huesos crecen mediante el proceso de modelado óseo. El hueso no crece por deposición ósea en la superficie externa y reabsorción en la superficie interna, es decir, el hueso no crece de manera isométrica. En la mayoría de los casos ocurre un crecimiento diferencial (Enlow & Hans 1996) mediante un proceso de modelado óseo que consiste en la actividad coordinada de osteoblastos y osteoclastos que depositan y eliminan hueso respectivamente (Seeman y cols. 2003) y donde la formación de hueso excede a la reabsorción (Enlow & Hans 1996; Marks & Hermey 1996). Estas actividades celulares ocurren en distintos puntos dentro del mismo hueso y donde la deposición de hueso excede a la reabsorción de hueso (Marks & Hermey 1996). De este modo, la actividad de los osteoblastos y osteoclastos está temporal y espacialmente relacionada, pero está desacoplada en el sentido de que no son iguales (Marks & Hermey 1996). Como consecuencia del proceso de modelado óseo, la superficie del hueso externa e interna (periostio y endostio, respectivamente) presenta una serie de microcaracterísticas que están relacionadas con las actividades de formación y reabsorción ósea. Las áreas relacionadas con la formación ósea se caracterizan por la presencia de las fibras de colágeno mineralizadas, mientras que las áreas de reabsorción presentan lagunas de Howship. Su identificación mediante técnicas microscópicas nos permite observar la distribución de estos campos de actividad celular, que en conjunto se conoce como patrón de modelado óseo. De este modo, las variaciones en la forma del hueso pueden entenderse como las variaciones en la distribución de los campos de remodelado, en las tasas relativas de actividad celular, momento de inicio y duración de la actividad (Enlow y cols. 1982; Enlow & Hans 1996).

Remodelado óseo:

Una vez que se alcanza la madurez del esqueleto el proceso de modelado óseo se reduce considerablemente. En el individuo adulto se ha observado modelado óseo pero en estados de enfermedad o en el caso de que las condiciones biomecánicas hayan cambiado radicalmente (Robling & Stout 2000). Durante el periodo adulto se requiere un mantenimiento del esqueleto que implica una reorganización interna del hueso mediante el proceso denominado remodelación (Marks & Hermey 1996; Hill & Orth 1998; Martin y cols. 2000). El mantenimiento del esqueleto adulto implica la reparación de fracturas, prevención de la acumulación excesiva de hueso viejo, que es frágil, mantenimiento de la homeostasis de calcio y fósforo, y adaptación de la arquitectura interna del hueso a la variación de carga en biomecánica (Frost y cols. 1986; Martin y cols. 1998; Geddes y cols. 1996; Ott y cols. 1996). La remodelación ósea supone la reabsorción de hueso en una superficie particular, seguido de una fase de formación ósea. En adultos no patológicos hay un equilibrio entre la cantidad de hueso reabsorbido por los osteoclastos y la cantidad de hueso formado por los osteoblastos (Frost y cols. 1994). De este modo, y a diferencia del proceso de modelado óseo, se requiere la actividad coordinada y acoplada de osteoclastos y osteoblastos.

Estos dos grupos celulares constituyen un conjunto denominado Unidad Básica Multicelular, conocida bajo el acrónimo BMU del inglés “Bone Multicellular Unit”, que está formada por un número aproximado de 10 osteoclastos y centenares de osteoblastos (Frost y cols. 1986, 1987 y 1996). El proceso de remodelación implica una secuencia de activación, reabsorción y formación en un punto determinado del hueso (Figura 4) (Hill & Orth 1998). La activación tiene lugar con el reclutamiento de los osteoclastos que comienzan la reabsorción de la matriz ósea dando lugar a un

cilindro o túnel intracortical de 200 micras de diámetro aproximadamente (Martin y cols. 1998). El término de la reabsorción ósea y el inicio de la formación ósea en la laguna de reabsorción recién formada se produce a través de un mecanismo de acoplamiento (Parfitt y cols. 1982). Posteriormente los osteoblastos tapizan las paredes del túnel excavado y comienzan la formación de lamelas concéntricas hacia el interior del túnel dejando un canal central de unos 40- 50 micras de diámetro que contiene los vasos sanguíneos (Martin y cols. 1998). Como resultado se obtiene una osteona secundaria en cuyo centro se encuentra el canal de Havers, también conocida como unidad básica estructural o BSU. La naturaleza de la activación de los osteoclastos y el mecanismo de acoplamiento no se conoce muy bien, aunque se cree que puedan estar relacionados algunos factores de crecimiento como TGF –transforming growth factors– e IGFs I y II –insuline-like growth factors– (Hill & Orth 1998).

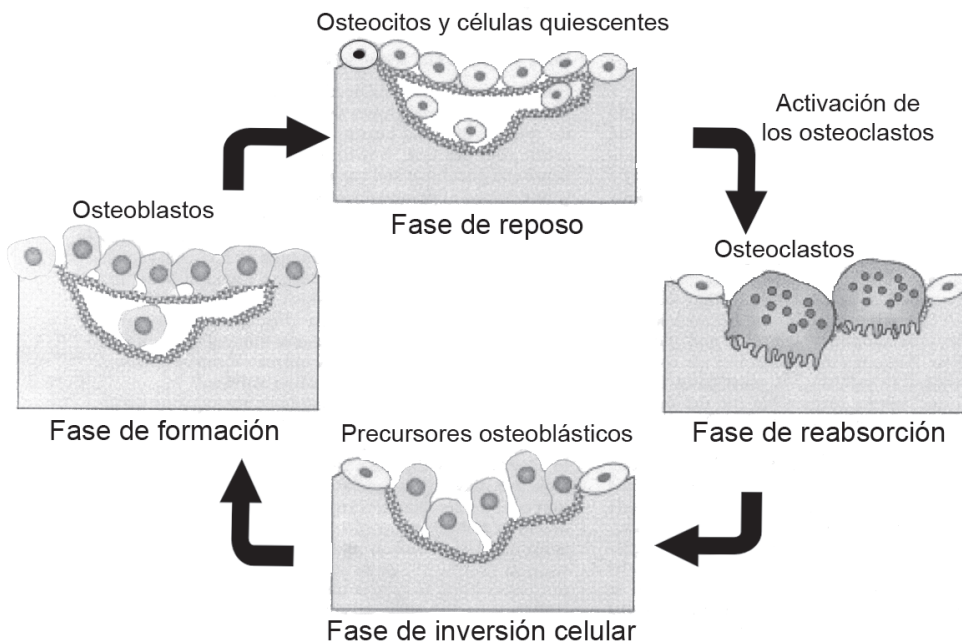


Figura 4. Fases del proceso de remodelado óseo.

2. HUESO ALVEOLAR

2.1. Definición

El proceso o apófisis alveolar es la parte de los maxilares que contiene los alvéolos de los dientes que son las cavidades óseas cónicas que alojan las raíces de los dientes (Lindhe y cols. 2005) (Figura 5).

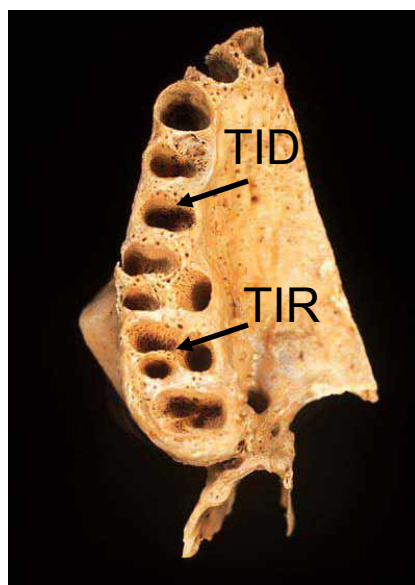


Figura 5: Paladar óseo de un cráneo humano seco. Vista inferior: El paladar óseo, formado por los procesos palatinos del maxilar delante y las láminas horizontales del hueso palatino atrás, se encuentra limitado delante y a los lados por los procesos alveolares. TID: tabique interdental; TIR: tabique interradicular.

El hueso alveolar se desarrolla y remodela en conjunto con la formación y erupción de los dientes (Sperber y cols. 1989), siendo un tejido que depende de los dientes (Cho & Garant 2000).

Schroeder y cols. (1986), afirma que el volumen y la forma del hueso alveolar están determinados por la forma, el eje de erupción y la inclinación final de los dientes.

El hueso alveolar consta de dos componentes: el hueso alveolar propiamente dicho y el hueso alveolar de la apófisis alveolar (Lindhe y cols. 2005):

- El hueso alveolar propiamente dicho

El hueso alveolar propiamente dicho también se denomina hueso alveolar fascicular, fasciculado o bundle bone y se define como el hueso que reviste los alvéolos y en el que se insertan los haces de fibras colágenas del ligamento periodontal denominadas fibras de Sharpey (Ten Cate y cols. 1997).

También se denomina placa cribiforme porque está perforado por conductos de Volkmann por donde pasan vasos sanguíneos, vasos linfáticos y fibras nerviosas, que conectan los espacios medulares del hueso alveolar con el ligamento periodontal (Ten Cate y cols. 1997).

Radiográficamente se caracteriza porque presenta una radiopacidad aumentada debido a que está formado por hueso compacto y no contiene trabéculas. Por este motivo se le denomina lámina dura (Lindhe y cols. 2005) (Figura 6).

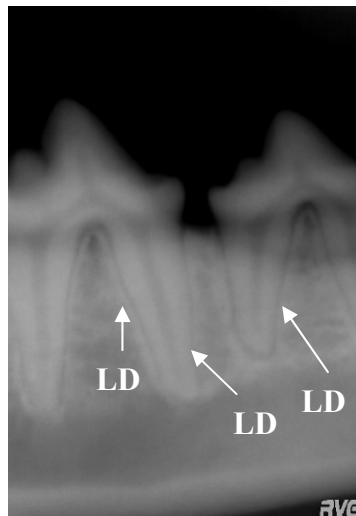


Figura 6: Imagen radiográfica de la región premolar mandibular del perro Beagle en la que las flechas señalan la lámina dura (LD).

- El hueso alveolar de la apófisis alveolar:

Es el componente del proceso alveolar que se continúa de forma ininterrumpida, por una parte, con el hueso alveolar propiamente dicho, con el que forma una unidad anatómica (Saffar y cols. 1997), y, por la otra, con el hueso basal de los maxilares. Sobre su superficie ósea externa se insertan las fibras del periostio, las cuales permiten una unión firme entre dicha superficie ósea y el periostio.

2.2. Anatomía macroscópica alveolar

El hueso alveolar consta de una cortical externa, una esponjosa central y de hueso cortical que bordea el alvéolo que es el denominado hueso fascicular. Las corticales externas y el hueso que bordea el alvéolo se encuentran en la cresta alveolar, usualmente de 1,5 a 2mm por debajo del nivel de la unión amelocementaria del diente que aloja (Nanci & Somerman 2003)

En cada alvéolo se pueden distinguir dos tipos de paredes (Gómez de Ferraris & Campos 2002):

- Las corticales alveolares libres (vestibular o bucal y palatina o lingual):

Se aprecian si se realiza un corte vestíbulo/buco-lingual/palatino del proceso alveolar. Cada una presenta una cara alveolar que se denomina cortical periodóntica y otra libre que se denomina cortical perióstica. Entre las tablas corticales se encuentra el tejido trabecular o esponjoso. (Figura 7).

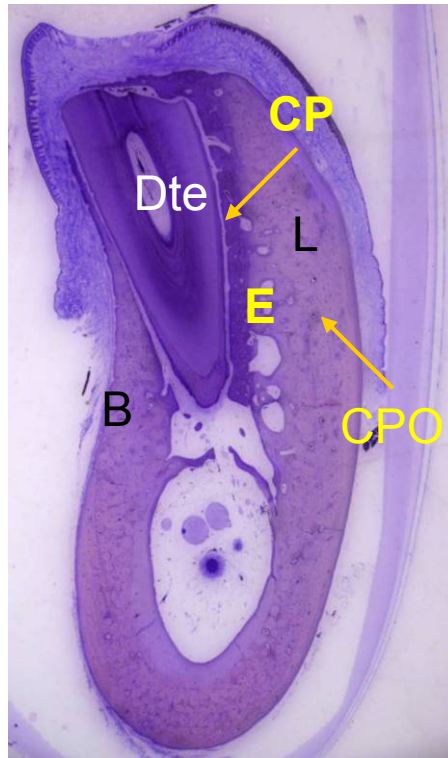


Figura 7: Sección buco-lingual del proceso alveolar de la región premolar mandibular del perro Beagle. B: pared ósea bucal; L: pared ósea lingual; Dte: diente; CP: cortical periodóntica; E: tejido esponjoso; CPO: cortical perióstica. (Tinción Levai-Laczko; 4x, estereomicroscopio).

En el maxilar superior las corticales vestibulares son mucho más delgadas que las palatinas, en especial a nivel de los incisivos y los caninos. En el maxilar inferior las corticales vestibulares son bastante más delgadas que las linguales en la zona de incisivos y premolares, mientras que en la región molar el hueso alveolar es más grueso por la región vestibular.

- Los tabiques alveolares:

Se pueden apreciar en un corte mesio-distal del proceso alveolar. Se denominan tabiques interdentarios cuando separan los alvéolos de dos dientes vecinos e interradiculares si separan dos divertículos de un mismo alvéolo. Los tabiques siempre presentan una abundante cantidad de tejido óseo

esponjoso revestido por dos corticales compactas, ambas periodónticas (Figura 5).

El hueso esponjoso del hueso alveolar contiene trabéculas óseas cuya arquitectura y dimensiones están determinadas en parte genéticamente y en parte como resultado de las fuerzas a las cuales están expuestos los dientes durante su función (Lindhe y cols. 2005). Las cavidades del hueso esponjoso están ocupadas por la médula ósea. En el recién nacido la médula ósea tiene un elevado contenido en hematíes y es activa en la producción de células sanguíneas. Con la edad va siendo infiltrada por tejido adiposo conteniendo así adipocitos, estructuras vasculares y células mesenquimáticas indiferenciadas.

La cortical externa del hueso alveolar está revestida por el periostio en cuya capa más superficial se encuentran haces de fibras de colágeno que penetran en el tejido óseo alveolar manteniéndole firmemente unido.

Las células osteoprogenitoras de la parte interna del periostio desempeñan un papel importante en el crecimiento del hueso alveolar y en la reparación de las fracturas.

La esponjosa central del hueso alveolar está recubierta por el endostio.

2.3. Anatomía microscópica alveolar

Desde un punto de vista histológico se pueden distinguir dos tipos de hueso alveolar: el hueso alveolar inmaduro, primario o reticular y el hueso alveolar maduro, secundario o laminar. Ambos tejidos presentan una

composición celular y de la matriz similar pero una estructura histológica diferente.

1. El hueso alveolar inmaduro, primario o reticular.

Se caracteriza porque las fibras colágenas se disponen irregularmente, sin orientación definida y por tener menor cantidad de minerales y mayor porcentaje de osteocitos que el hueso alveolar secundario. Desde un punto de vista funcional tiene una capacidad de carga reducida (Schenk & Buser 2000). Se forma inicialmente para ser sustituido gradualmente por el secundario y se encuentra en los huesos maxilares durante el desarrollo embrionario y durante el proceso de formación y crecimiento de los procesos alveolares y en el adulto durante la cicatrización de los alvéolos post-extracción siendo el primer tipo de hueso que se forma.

En el estudio de Cardaropoli y cols. (2003), que describe los acontecimientos biológicos que suceden en un alvéolo tras la exodoncia en el modelo animal, el tejido óseo inmaduro aparece por primera vez en las muestras que representan los catorce días de curación, siendo un hueso rico en células y que se forma junto a vasos sanguíneos de nueva formación. Además es el primer tejido óseo que se forma una vez que se ha activado la osteointegración tras la colocación de implantes produciéndose formación de tejido óseo reticular entre las cuatro y seis semanas tras la cirugía (Schenk & Buser 2000) (Figura 8).

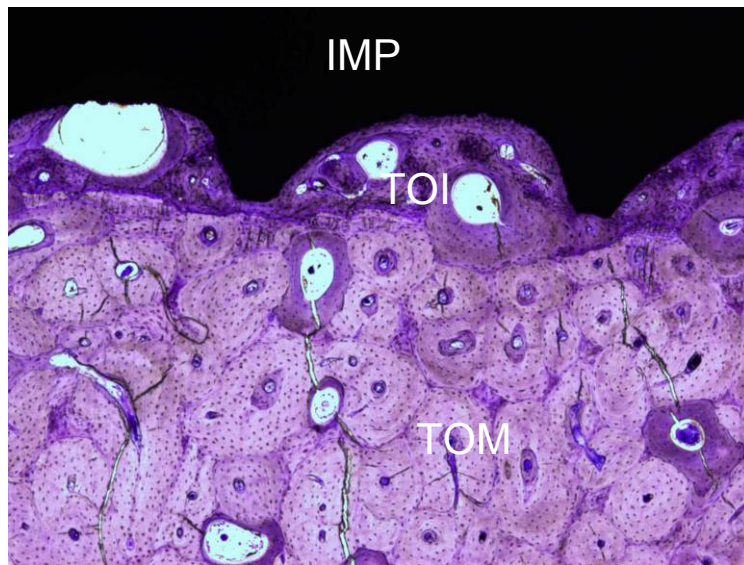


Figura 8: Corte histológico del hueso alveolar maduro e inmaduro de la tabla lingual de la apófisis alveolar de la región premolar mandibular del perro Beagle. IMP: implante dental; TOI: tejido óseo alveolar de doce semanas; TOM: tejido óseo alveolar maduro. (Tinción Levai-Laczkó; 16x).

2. El tejido óseo alveolar maduro, secundario o laminar

Se encuentra generalmente en el adulto y su principal característica es poseer fibras colágenas paralelas entre sí que se organizan en láminas y entre las que se sitúan las lagunas que contienen los osteocitos aunque también se pueden encontrar dentro de ellas. Presenta láminas circunferenciales y contiene las fibras de Sharpey que discurren en dirección perpendicular a la superficie ósea y se extienden dentro del ligamento periodontal. El colágeno de dichas fibras es sintetizado por los fibroblastos del ligamento periodontal, no presentan células atrapadas entre ellas y la porción de las fibras que se inserta en el hueso está mineralizada. Sin embargo, dicha estructura histológica puede variar considerablemente debido a la reabsorción y aposición ósea a medida que el tejido óseo alveolar responde a las demandas funcionales que sobre él se imponen ya que después del periodo de erupción,

la relación entre el diente y su estructura de soporte permanece dinámica (Saffar y cols. 1997)

En el hueso alveolar de la apófisis alveolar las láminas óseas se disponen en capas concéntricas en torno a los conductos con vasos formando los sistemas de Havers. El espacio entre los osteones está ocupado por láminas intersticiales y en la cortical externa están presentes las láminas circunferenciales que están penetradas por una moderada cantidad de fibras del periostio. En el tejido esponjoso las trabéculas también están compuestas por tejido óseo laminar y las más anchas pueden contener sistemas de Havers.

2.4. Funciones

El hueso alveolar junto al cemento radicular, al ligamento periodontal y la encía forma el periodonto que se define como los tejidos que soportan y en los que se insertan los dientes (Ten Cate y cols. 1997).

Desde un punto de vista funcional el hueso alveolar depende de la existencia de los dientes y se puede diferenciar en hueso de inserción y en hueso de sostén (Gómez de Ferraris & Campos 2002):

- Hueso de inserción

El hueso de inserción es la porción del proceso alveolar donde se insertan las fibras periodontales y se corresponde con el hueso alveolar propiamente dicho o fasciculado. Este hueso junto con el cemento radicular y el ligamento periodontal forman el aparato de inserción del diente cuya función principal consiste en distribuir y absorber las fuerzas generadas por la masticación y otros contactos dentarios (Lindhe y cols. 2005) (Figura 9).

Funcionalmente el hueso alveolar propiamente dicho o fascicular tiene varias características en común con la capa de cemento radicular. Tras la extracción de los dientes el hueso fasciculado pierde su función y por lo tanto desaparece gradualmente en las fases tempranas de cicatrización (Cardaropoli y cols. 2003), (Araújo & Lindhe 2005).

- Hueso de sostén:

El hueso de sostén lo forma el resto del tejido óseo del borde alveolar y su función es el de dar soporte a los dientes.

2.5. Modelado y remodelado alveolar

El hueso alveolar una vez formado es un tejido mineralizado que comienza a ser reformado y renovado por procesos de reabsorción y de aposición, es decir, mediante modelado y remodelado que ocurren durante toda la vida y permiten la adaptación a las demandas externas e internas (Lang y cols. 2005).

- El modelado óseo alveolar

Representa un proceso que permite un cambio en la arquitectura inicial del hueso alveolar (Lang y cols. 2005) y que durante el crecimiento asegura la formación ósea (Saffar y cols. 1997).

Los alvéolos dentales son un elemento estructural que no está nunca estable ya que los dientes migran para compensar la atrición dentaria y para hacer frente a este movimiento, el hueso alveolar va a sufrir en un lado proceso de reabsorción, mientras que en el lado opuesto se producirá

aposición ósea. Esta deformación es bastante similar al proceso fisiológico de modelado óseo (Saffar y cols. 1997)

El hueso alveolar es un tejido muy sensible a las fuerzas que generan presión, las cuales provocan reabsorción de la matriz y las fuerzas que generan tensión, las cuales estimulan la producción de nuevo tejido óseo. Cuando un diente soporta un trabajo intenso, por ejemplo cuando existe un trauma oclusal, se produce ensanchamiento de las corticales, condensación del tejido óseo esponjoso y reorientación de las trabéculas, para adaptarse a las modificaciones de las fuerzas a las que están sometidas. Si el diente no recibe trabajo, el efecto que se produce es un adelgazamiento de las corticales con disminución de la extensión y el espesor de las trabéculas (Gómez de Ferraris & Campos 2002).

- El remodelado óseo alveolar:

El remodelado óseo alveolar representa un cambio que ocurre dentro del hueso alveolar mineralizado sin una alteración de la arquitectura del tejido (Lang, y cols. 2005).

El proceso de remodelado alveolar es importante durante la formación de hueso alveolar ya que posibilita la sustitución del hueso alveolar primario o reticular, que tiene poca capacidad para soportar las cargas, por hueso alveolar laminar que es más resistente a las cargas y cuando el hueso alveolar viejo es reemplazado por hueso alveolar nuevo (Lang y cols. 2005)

El proceso de remodelado afecta tanto al hueso cortical como al hueso esponjoso alveolar y es un proceso similar al descrito para el tejido óseo.

2.6. Cambios en el proceso alveolar tras la pérdida dentaria

Tras la extracción de un diente se origina una herida cuyo proceso de cicatrización ha sido analizado y estudiado en biopsias humanas por diferentes autores como son Amler y cols. (1960), Boyne y cols. (1966), Amler y cols. (1969) y Evian y cols. (1982). También se ha estudiado en animales de experimentación como se expone en los estudios de Huebsch & Hansen y cols. (1969), Kuboki y cols. (1988), Bodner y cols. (1991), Ohta y cols. (1993), Lin y cols. (1994), Cardaropoli y cols. (2003), Araújo & Lindhe 2005, Araújo y cols. (2005) y Cardaropoli y cols. (2005). En estos estudios se monitorizó la curación de los alvéolos dentales después de la extracción dental en diversos intervalos de tiempo y el análisis de sus resultados permitió establecer una secuencia temporal de la curación normal y anormal en los alvéolos dentales después de la pérdida dentaria. Durante este proceso de curación suceden una serie de eventos biológicos que dan lugar a cambios cuantitativos y cualitativos en el proceso alveolar.

Los estudios de Atwood y cols. (1957), Lam y cols. (1960), Hedegard y cols. (1962), Carlsson y cols. (1967), Atwood & Coy (1971), Tallgren y cols. (1972) y Pietrokovski y cols. (1975), demuestran que, como consecuencia de la extracción dentaria en el adulto, el hueso alveolar sufrirá un proceso de reabsorción y de atrofia. Asimismo, en los estudios de Atwood y cols. (1962), Carlsson & Persson 1967 y de Tallgren y cols. (1972), se afirma que dicha reabsorción y atrofia ósea varía considerablemente entre individuos.

Atwood y cols. (1962), definió el proceso de reabsorción ósea alveolar como un proceso biofísico complejo y clasificó los factores clínicos relacionados con la tasa de reabsorción en cuatro categorías: factores

anatómicos, metabólicos, funcionales y protésicos, estando todos ellos interrelacionados entre sí.

En los estudios clínicos y/o radiográficos de Jhonson y cols. (1963 y 1969), Pietrokovski & Massler (1967), Lekovic y cols. (1997 y 1998), Camargo y cols. (2000); Iasella y cols. (2003), Schropp y cols. (2003) y Botticelli y cols. (2004c), se han demostrado marcadas reducciones de altura y anchura de la cresta alveolar tras la extracción dentaria unitaria o múltiple.

Una de las descripciones más referenciada de la secuencia de cicatrización de un alvéolo en animales publicada en la literatura fue descrita por Cardarapoli y cols. (2003):

- Día 1: Un coágulo ocupa la mayor parte del alvéolo. Está compuesto de eritrocitos y plaquetas inmersos en una red de fibrina. La porción marginal está cubierta por una capa de células inflamatorias, sobre todo granulocitos neutrofilicos. En la zona de la lámina dura se observa el ligamento periodontal dañado que contiene grandes unidades vasculares. Las fibras de Sharpey se fijan en la lámina dura y están en contacto directo con el coágulo.
- Día 3: La porción marginal del coágulo ha sido reemplazada por un tejido de granulación altamente vascularizado. En la porción central se está produciendo la lisis de los eritrocitos (necrosis coagulativa). El LP dañado contiene gran cantidad de fibroblastos y vasos.
- Día 7: Se observa un gran cambio. Se ha reducido el número de fibras principales insertadas en la lámina dura, pero éstas aparecen elongadas e incluidas en la matriz provisional del centro del

alvéolo. Dicha matriz está formada por vasos sanguíneos recién formados, células mesenquimales inmaduras, varios tipos de leucocitos y fibras colágenas. En la porción central y apical del alvéolo, grandes áreas del coágulo muestran signos de necrosis coagulativa. Los espacios medulares de las paredes óseas contienen osteoclastos, lo que indica una remodelación del tejido óseo.

- Día 14: La porción marginal del alvéolo se encuentra cubierta de un tejido conectivo rico en vasos y células inflamatorias. Las principales características de este periodo son la ausencia de LP y la presencia de grandes cantidades de nuevo tejido duro. La lámina dura del alvéolo está ausente en la mayoría de las zonas y hay una comunicación directa entre los espacios medulares del hueso adyacente y el tejido óseo recién formado. El tejido óseo inmaduro se extiende desde el hueso antiguo hacia el centro de la herida. La porción central del coágulo se encuentra aún presente en la porción central del alvéolo.
- Día 30: El tejido blando marginal muestra un tejido conectivo fibroso bien organizado cubierto de epitelio queratinizado. La mayor parte del alvéolo se encuentra relleno con hueso nuevo. En algunas zonas el hueso inmaduro experimenta reabsorción osteoclástica, lo que indica que se ha iniciado el proceso de remodelado del tejido óseo recién formado.
- Entre los días 60 y 90: se ha formado un puente de tejido duro, compuesto de hueso inmaduro, que separa la mucosa marginal del alvéolo subyacente. Además, la mayor parte del hueso inmaduro

apical al puente ha sido reemplazado por médula ósea (grandes vasos sanguíneos, células inflamatorias y adipocitos) (Figura 9).

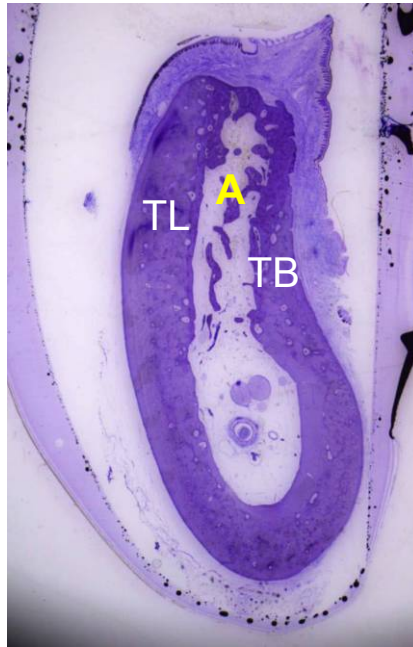


Figura 9: Sección buco-lingual de 12 semanas de cicatrización de un alvéolo de la región premolar mandibular del perro Beagle. TB: Tabla alveolar vestibular; TL: Tabla alveolar lingual; A: Alvéolo de 12 semanas de cicatrización. (Tinción Levai-Laczko; 4x, estereomicroscopio).

- Entre los días 120 y 180: el puente de tejido duro se ha reforzado con capas de hueso lamelar depositadas sobre el hueso inmaduro. Al mismo tiempo, fibras colágenas de la mucosa adyacente se insertan en el nuevo hueso “cortical”. A los 180 días, el puente de hueso medular se ha transformado en una mezcla de hueso medular y hueso lamelar.

Resumiendo, la curación del un alvéolo post-extracción engloba una serie de eventos que incluyen la formación de un coágulo que es reemplazado por tejido conectivo provisional, hueso inmaduro, hueso lamelar y médula

ósea. Durante este proceso se forma un puente de tejido duro (hueso cortical) que “cierra” el alvéolo.

Araújo & Lindhe (2005a), realizaron un experimento en el modelo animal donde analizaron los cambios dimensionales que se producen en el alvéolo tras la extracción dentaria y el proceso de modelado y remodelado asociado a dichos cambios.

Los resultados del estudio demostraron que en una fase temprana de cicatrización - ocho semanas- ocurren cambios en las dimensiones de los alvéolos, tanto en altura como en anchura, de tal manera que tras el proceso de cicatrización de los alvéolos de dos meses, la pared ósea bucal estaba a 2,2 milímetros apical de la correspondiente pared lingual y la reducción en altura fue más pronunciada en bucal que en lingual debido a que la región crestal de la pared bucal estaba formada exclusivamente por hueso fascicular, que tras la pérdida dentaria pierde su función y se reabsorbe durante las primeras semanas de curación y porque, originalmente, el grosor de la pared bucal era menor que el de la pared lingual, implicando que la reabsorción horizontal que sufren las paredes bucal y lingual durante el periodo de cicatrización, produzca una pérdida de altura adicional en la pared bucal por ser más delgada.

En el estudio posterior de Araújo y cols. (2005b), se constató de nuevo que tras la extracción dentaria en el modelo animal y tras tres meses de curación se producen marcadas alteraciones en las dimensiones del alvéolo desdentado. Dichas alteraciones incluyen reabsorción vertical de la pared bucal y lingual del alvéolo desdentado, siendo mayor en bucal que en lingual; estando la terminación marginal de la pared bucal localizada apical a la correspondiente terminación marginal lingual y la distancia media vertical entre la terminación marginal de la pared bucal y la lingual fue de 2,2 (DS, 0,9) milímetros.

3. OSTEOINTEGRACIÓN

3.1. Definición:

Brånemark introduce este concepto en 1969 y lo define como la conexión directa estructural y funcional entre el hueso vivo, con capacidad de remodelación, y la superficie del implante sometido a carga funcional y sin que se desarrolle tejido fibroso entre ambos (Brånemark y cols. 1985) (Figura 8).

La osteointegración dependerá de la capacidad de cicatrización y restitución ad integrum de los tejidos remanentes periimplantarios. El objetivo es obtener una respuesta de los tejidos, ante la instalación de raíces artificiales que sea predecible a largo plazo. Para obtenerla es preciso que los tejidos conserven la capacidad de adaptación ante los requerimientos funcionales (Adelí y cols. 1981).

3.2. Desarrollo histórico:

Los estudios básicos comenzaron en el Laboratorio de Microscopia Vital, situado en el Departamento de Anatomía de la Universidad de Lund, Suecia, en 1952, y se continuaron desde los años sesenta en el Laboratorio de Biología Experimental de la Universidad sueca de Göteborg. Se estudió el daño tisular en nervio periférico, músculo, tendón, médula ósea, piel y mucosas y su reparación en varias localizaciones de diversos mamíferos: rata, hámster, conejo de indias, gato y perro. También se estudiaron las influencias de otros factores como la edad, situación hormonal, utilización de fármacos y temperatura, que pudieran afectar a la cicatrización tisular. El experimento más divulgado fue estudiar in vivo e in situ, con microscopia de luz, la microcirculación en la metafisis tibial y peroneal de conejos, utilizando una

cámara de titanio implantada en dicho hueso que contenía un sistema óptico para la transiluminación de una capa fina de tejido (consistía en un tornillo de titanio comercialmente puro con una perforación que permitía la invasión de tejido óseo, estaba abierto por ambos extremos: uno para el acceso del sistema óptico y por el opuesto para la fuente luminosa). Hasta esa fecha se habían utilizado para estos fines cámaras de tantalio y se pensó que el titanio tenía mejores propiedades mecánicas para la implantación. **A los pocos meses, y una vez concluidos los experimentos para la observación de la microcirculación, al ir a retirar las cámaras de titanio para su recuperación, Brånemark observó que estaban íntimamente ancladas en el hueso y que no era posible retirarlas sin proceder a su corte (Brånemark y cols. 1987).**

En los años sucesivos estos mismos autores empezaron a instalar implantes en forma de tornillo en las vértebras de rabo de perro, tras más de cincuenta configuraciones distintas comenzaron a sustituir dientes de perro por implantes con forma de tornillo. Se demostró su perfecto anclaje suspendiendo al animal de un alambre anclado a un implante, no se apreciaron signos inflamatorios, movilidad, reabsorción ósea ni invasión del tejido epitelial entre el hueso y el implante. Procediendo al corte con disco de diamante y observación con microscopio óptico se pudo comprobar el estrecho contacto entre el hueso y toda la superficie del implante.

Construyeron prótesis de acrílico sobre varios implantes en maxilares y mandíbulas de perros que resultaron ser totalmente estables ante las fuerzas oclusales fisiológicas. Se aplicaron fuerzas crecientes para averiguar la necesaria para aflojar los implantes, éstas eran del orden de 40 kilos en el maxilar y de 100 kilos en la mandíbula, siendo la interfase hueso-hueso más

débil que la interfase implante-hueso, ya que la fijación de titanio no podía ser retirada sin fracturar el hueso.

Extrapolando los datos a los seres humanos comienzan la experimentación clínica en 1965 aplicando implantes a un desdentado total. El seguimiento que se ha practicado permite constatar el alto índice de éxitos, con períodos de observación que superan los treinta años (Adell 1985). El desarrollo en los últimos años de las nuevas superficies bioactivas reduce de forma progresiva el tiempo de osteointegración y favorece la realización de protocolos clínicos como la carga inmediata de los implantes dentales.

3.3. Estabilidad primaria y secundaria:

Podríamos definir la estabilidad primaria como aquella que el implante adquiere en el momento de ser colocado en su lecho receptor. Hablamos de estabilidad secundaria como aquella que adquiere el implante después de su osteointegración. El tiempo que transcurre entre ambas es el tiempo de osteointegración.

La estabilidad primaria se encuentra influenciada por el diseño macroscópico del implante, por la cantidad y calidad ósea, así como por la técnica quirúrgica que utilizemos (Meredith y cols. 1998):

- En cuanto al diseño macroscópico del implante, cuanto más autorroscante sea el implante mayor será su capacidad para aumentar su sujeción al hueso y por lo tanto su estabilidad primaria. Esto es especialmente interesante en el caso de implantes inmediatos o hueso de pobre calidad.

- Cuanto mayor sea la disponibilidad ósea y la calidad ósea, mayor será la estabilidad del implante. Si bien, podemos modificar nuestra planificación quirúrgica y practicar técnicas de regeneración ósea previas o simultáneas a la colocación de los implantes o, por otro lado, también podemos modificar nuestra técnica quirúrgica en virtud de mejorar calidad ósea: por ejemplo infrafresar el lecho implantario, la utilización de osteotomos de condensación o el anclaje bicortical.
- Por último, y no menos importante, la exquisitez de nuestra técnica quirúrgica. En este sentido la destreza y habilidad del operador a la hora de realizar una cirugía lo más atraumática posible va a influir de forma decisiva sobre la estabilidad primaria del implante. Dentro de este apartado también cabe mencionar el estrés al que se ve sometido el hueso que rodea el implante en virtud de poder **favorecer el que se produzca isquemia local y necrosis de la interfase hueso-implante** (Adell y cols. 1985).

La estabilidad secundaria del implante va a depender a su vez de la estabilidad primaria del implante, de las infecciones que puedan surgir durante la cicatrización del implante, de las cargas oclusales inadecuadas y del diseño microscópico de nuestro implante:

- En la literatura científica encontramos múltiples referencias a la importancia de la adquisición de una adecuada estabilidad primaria como una de las condiciones que garantiza el éxito en la osteointegración de nuestros implantes. Por lo tanto, parece lógico pensar que cuanto mayor sea la estabilidad primaria de nuestro implante más fácil y rápido debería de osteointegrarse. La

literatura, sin embargo, demuestra que **es una condición necesaria pero no imprescindible y que un exceso de estabilidad primaria podría comprometer la supervivencia del implante** (Adell y cols. 1985).

- La presencia de infecciones no hace sino complicar la cicatrización del hueso en torno a nuestro implante.
- Si las cargas oclusales son inadecuadas durante el periodo de cicatrización, en el sentido de excesivas, podrían provocar el fracaso del implante dental.
- Los estudios publicados y el tiempo han dado la razón al empleo de superficies rugosas en los implantes dentales frente a las superficies maquinadas (Esposito y cols. 2008b). Hoy en día, los esfuerzos de los fabricantes se centran en este sentido a nivel de la bioactividad de las superficies rugosas.

El objetivo de la investigación de estos factores no es sino el de acortar los tiempos de osteointegración y así favorecer los tiempos de carga de los implantes.

3.4. Métodos de evaluación de la estabilidad de los implantes:

Dentro de los métodos de evaluación de la estabilidad de los implantes o de la interfase hueso-implante, a grandes rasgos, diferenciamos dos grupos (Meredith y cols. 1998):

- Los métodos invasivos, que a su vez pueden ser clínicos o histológicos.

- Métodos no invasivos, que también podemos dividir en radiológicos o clínicos.

Dentro de los métodos histológicos destacamos la histomorfometría, pues nos permite de una forma directa valorar el porcentaje de contacto hueso-implante (BIC), el número relativo de trabéculas, el grosor trabecular, la separación entre placas trabeculares, la interconexión trabecular y el área de hueso trabecular (Sennerby y cols. 1992; Ulm y cols. 1999).

Dentro de los métodos clínicos invasivos destacamos el análisis de torque-control de desinserción del implante donde procedemos a la lectura del torque de retirada de ese implante (Johansson y cols. 1991).

En el grupo de los no invasivos, tenemos los métodos radiológicos como las radiografías periapicales, telerradiografías u ortopantomografías sometidas a sistema fotométrico (Omnilet y cols. 1957). El análisis densitométrico de la imagen asistido por ordenador (Brager y cols. 1988), la tomografía axial computerizada a través de las unidades Hounsfield (Anderson y cols. 1987) o los modernos tomógrafos volumétricos de haz cónico, etc.

Por otro lado tenemos los métodos clínicos no invasivos como son:

El análisis torque – control, donde procedemos a la lectura del torque que aplica el motor de implantes justo antes de su ubicación final en el lecho receptor (Johansson y cols. 1994).

El Periotest® (Siemens AG, Bensheim, Germany), cuya eficacia está sujeta a múltiples variables: técnica de medida, longitud del implante, calidad ósea, tipo de prótesis, interfase implante/pilar, batería y calibración (Schulte y cols. 1993), posee baja sensibilidad y un valor predictivo positivo del 64%

(Drago y cols. 1999). Existen estudios publicados que avalan su valor para discriminar los diferentes tipos de calidad ósea con relativo éxito (Aparicio y cols. 1997)

El método de análisis de la frecuencia de resonancia (Implomates® (Bio Tech One, Taipei Hsien, Taiwan); Osstell®, (Integration Diagnostics, Gotemburgo, Suecia) es un test clínico no invasivo de evaluación de la movilidad del implante dentro del lecho óseo que lo alberga. El más conocido y comercializado es el Osstell® (Integration Diagnostics, Gotemburgo, Suecia), concretamente el Osstell Mentor®, que es una de las últimas versiones, de mayor portabilidad y manejo clínico. Su mecánica se basa en hacer vibrar un transductor (Elemento piezoeléctrico) de aluminio, diseñado especialmente para enroscarse directamente a cada tipo de implante, mediante una señal senoide que genera el aparato provoca en el transductor una respuesta amplificada que es captada por el aparato que actúa como un analizador de frecuencia. El punto de mayor respuesta del transductor sería la frecuencia de resonancia de ese implante (Figura 10).

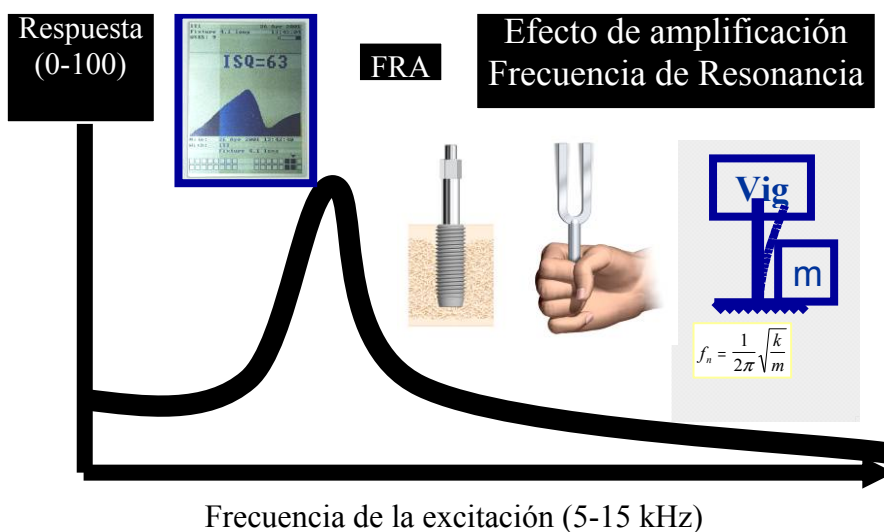


Figura 10: Curva representativa de la frecuencia de resonancia.

Este sistema expresa los valores de la movilidad en valores ISQ que es el cociente de estabilidad del implante, y que está dentro de una escala de 0 a 100. Cuanto mayor es el valor ISQ mayor es la estabilidad del implante. El estudio de la movilidad o estabilidad del implante en el momento de su colocación (estabilidad primaria) y su seguimiento en el tiempo (estabilidad secundaria) individualizado para cada implante nos puede permitir objetivar el grado de relación hueso-implante y sus variaciones en el tiempo (Meredith y cols. 1996).

3.5. Evidencia científica en torno al análisis de frecuencia de resonancia:

Veltri y cols. (2007), demuestran como las mediciones varían en función de la dirección de la toma debido a que el implante no posee la misma estabilidad en todas las direcciones, por lo que lo recomendable es realizar mediciones en diferentes direcciones en el mismo implante. Sin embargo, Sim y cols. (2010), posiblemente debido a la utilización de versiones del Ostell® más evolucionadas, concluyen su estudio diciendo que los valores ISQ son reproducibles independientemente de la posición del instrumento.

En cuanto a la repetibilidad y reproducibilidad del aparato, es decir, si las mediciones son repetibles en las mismas condiciones o si son reproducibles cambiando el transductor o el operador, sin alterar las condiciones del implante, Meredith y cols. (1996 y 1997), nos hablan de un 99% de reproducibilidad y 100% de repetibilidad con el mismo transductor y el mismo operador con el más primitivo de los diseños del Osstell® (Integration Diagnostics, Gotenburgo, Suecia).

En el mismo estudio de 1996, Meredith y cols., evaluaban “in vitro” la capacidad del Osstell® (Integration Diagnostics, Gotenburgo, Suecia) para discriminar variaciones en el fraguado de un bloque de resina en los que embebía implantes. La correlación era positiva asociándola con la capacidad que tendría el aparato para discriminar calidad ósea o el estado de la interfase hueso implante. Esta correlación fue posteriormente confirmada por diversos estudios clínicos como el de Barewal y cols. (2003), Glauser y cols. (2004), Balshi y cols. (2005) y, más recientemente, Sim y cols. (2010). Dentro de estos estudios destacamos el de Barewal y cols. (2003), donde se demuestra como los valores más bajos de frecuencia de resonancia se corresponden con la peor calidad de hueso. Pero, también se demuestra como durante la cicatrización todos los valores bajan y como tras la osteointegración del implante todos los valores se equiparan siendo el hueso blando el que experimenta un mayor repunte (Figura 11).

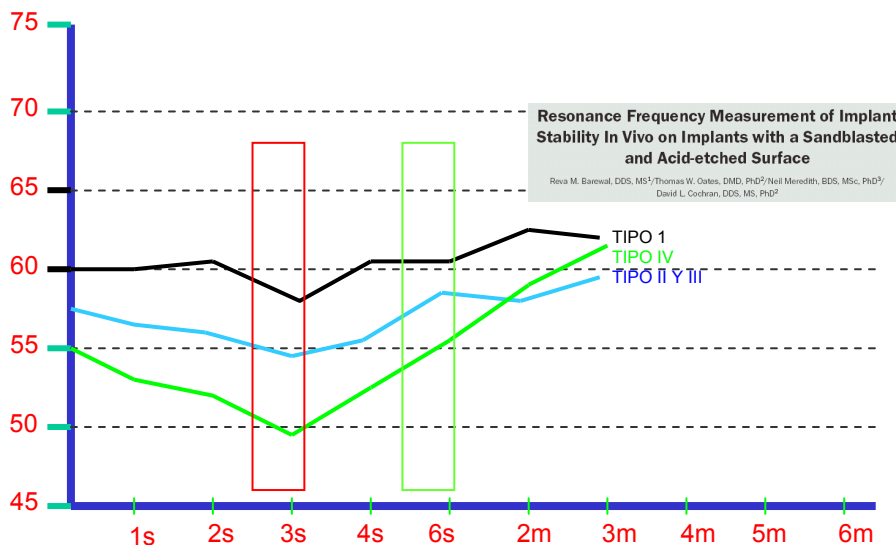


Figura 11: Curva representativa de la evolución en el tiempo de los valores de la frecuencia de resonancia en diferentes tipos de calidad ósea (Barewal y cols. 2003).

Del mismo modo en la literatura también encontramos una correlación positiva entre la reabsorción ósea y los valores de frecuencia de resonancia. Así Meredith y cols. (1996), “in vitro”, se encontraba con valores ISQ más bajos cuanto menos embebido en el bloque de resina estuviese el implante. También “in vitro” Lachmann y cols. (2006) llegaba a la misma correlación. Del mismo modo que en el caso de la calidad ósea estos resultados serían corroborados en estudios clínicos: Meredith y cols. (1997), Rasmusson y cols. (1998) y Friberg y cols. (1999). Sim y cols. (2010), afirman que los valores ISQ se ven influenciados por la longitud del implante.

Es de esperar que exista una correlación positiva entre los valores de torque de inserción o desinserción con los valores de frecuencia de resonancia. Así se demuestra en los estudios de Friberg y cols. (1999), Cunha y cols. (2004) o el de O Sullivan y cols. (2004). La frecuencia de resonancia, al igual que el torque de inserción, no son predictores de éxito o fracaso, pues valores bajos de ambos pueden resultar en implantes osteointegrados o valores extremadamente altos en implantes fracasados.

En cuanto a su relación con los implantes inmediatos y la carga inmediata a lo largo de la literatura, en las últimas décadas encontramos múltiples estudios clínicos que han utilizado la frecuencia de resonancia como medida de estabilidad de los implantes para demostrar junto con otros parámetros que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tiempos de carga o entre los diferentes tiempos de colocación de un implante (Horwitz y cols. 2003; Bischof y cols. 2004; Cornelini y cols. 2004 y 2006, Glauser y cols. 2005; Ostman y cols. 2005; Nkenke y cols. 2005; Degidi y cols. 2006; Cornelini y cols. 2006; Cannizaro y cols. 2007; Stefan Peev y cols. 2007) . Cabe destacar dos estudios: Balshi y cols. (2005),

que muestra en un seguimiento mensual durante tres meses de 276 implantes sometidos a carga inmediata un descenso de la FRA durante el primer mes en diferentes tipos de calidad ósea que era recuperado a los dos meses y mantenido a los tres meses. Estos autores recomiendan dejar cicatrizar dos meses los implantes sometidos a carga inmediata antes de nuevas manipulaciones sobre el implante. Por otro lado, el estudio de De Smet y cols. (2005), donde parece demostrar en un estudio experimental de seguimiento semanal con RFA durante seis semanas que la carga inmediata controlada podría favorecer el que la caída de los valores de RFA y por lo tanto de estabilidad del implante fuese menor.

4. IMPLANTES INMEDIATOS:

4.1. Clasificación de los implantes en relación con el tiempo de colocación:

En la literatura existen diferentes clasificaciones que agrupan a los implantes según el tiempo de su colocación tras la extracción dental. Entre ellas destacamos:

La clasificación de Hämmerle y cols. (2004) sobre la colocación de implantes según el momento después de la extracción dentaria en el que se colocan, se pueden dividir en cuatro tipos que reflejan los cambios morfológicos, dimensionales e histológicos observados en la curación de los tejidos duros y blandos tras la extracción dental:

- En el tipo 1 la colocación del implante es inmediatamente después de la extracción dental, formando parte del mismo procedimiento quirúrgico.
- En el tipo 2 se produce el cierre total de los tejidos blandos que cubren el alvéolo; típicamente sucede entre las cuatro y ocho semanas después de la extracción dental.
- En el tipo 3 existe un importante relleno óseo del alvéolo, valorado clínica y/o radiográficamente. Normalmente se produce entre las 12, 16 semanas tras la extracción dental.
- En el tipo 4 la zona de la extracción está cicatrizada. Normalmente tras más de 16 semanas tras la extracción dental.

En la última clasificación de Chen y Buser (2008), sobre la colocación de implantes según el momento después de la extracción dentaria en el que se colocan, se pueden dividir en cuatro tipos que reflejan los cambios morfológicos, dimensionales e histológicos observados en la curación de los tejidos duros y blandos tras la extracción dental:

- En el tipo 1 la colocación del implante es inmediatamente después de la extracción dental o antes de las primeras cuatro semanas, en cualquier caso, siempre en un alvéolo en el que no existe cicatrización de los tejidos blandos y duros.
- En el tipo 2 se produce la colocación del implante de forma temprana después del cierre total de los tejidos blandos que cubren el alvéolo y con una significativa cicatrización del tejido óseo; típicamente sucede entre las cuatro y ocho semanas después de la extracción dental.
- En el tipo 3 existe un importante relleno óseo del alvéolo, valorado clínica y/o radiográficamente. Normalmente se produce entre las 12, 16 semanas tras la extracción dental.
- En el tipo 4 la zona de la extracción está cicatrizada. Normalmente tras más de 16 semanas tras la extracción dental.

4.2. Evidencia científica en torno a los implantes inmediatos:

4.2.1. Artículos de revisión:

Tradicionalmente, antes de colocar los implantes dentales, se extraían los dientes comprometidos y se dejaban cicatrizar los alvéolos durante un

período de varios meses a un año. En la actualidad hay numerosos estudios que avalan la utilización de implantes de forma inmediata (tipo I).

El primer trabajo sobre implantes inmediatos fue publicado en el año 1978 (Schultze y cols. 1978) y desde entonces el interés por esta técnica ha ido aumentando en los últimos años como así se demuestra en los artículos de revisión que encontramos en la literatura de las últimas décadas (Schwartz-Arad & Chaushu 1997; Mayfield y cols. 1999; Quirynen y cols. 2007; Esposito y cols. 2008, Chen y Buser 2009). De estas revisiones se puede concluir:

Resultados relativos a regeneración ósea:

Los procedimientos de aumento óseo son efectivos para la resolución de defectos óseos periimplantarios en implantes tipo I y tipo II.

En implantes tipo I y II, siempre que la tabla ósea vestibular esté intacta y el defecto horizontal sea igual o menor de dos milímetros, se producirá una autoresolución del defecto.

La colocación de implantes inmediatos no previene la reabsorción ósea crestal tanto en sentido vertical como en sentido horizontal.

Los procedimientos de aumento óseo combinados con implantes inmediatos pueden reducir la reabsorción horizontal de la pared facial pero no la vertical.

Existe alguna evidencia que demuestra que la resolución de dehiscencias óseas vestibulares se realiza mejor en implantes tipo II que en Tipo I.

Las complicaciones posoperatorias son frecuentes con los implantes inmediatos.

No se ha podido demostrar que la administración concomitante de antibióticos sistémicos aporte beneficios adicionales en la cicatrización.

Resultados de supervivencia:

El porcentaje de supervivencia de los implantes post-extracción son elevados, por encima del 95% en la mayoría de los estudios revisados.

Los implantes tipo I y II tienen un porcentaje de supervivencia similar.

Existe alguna evidencia a favor de las superficies rugosas frente a las superficies maquinadas.

No existe evidencia a favor de que la administración simultánea de antibióticos mejore la supervivencia.

No existe evidencia sobre la influencia de factores sistémicos en la supervivencia de los implantes post-extracción. Sobre la patología periapical los resultados son contradictorios. Sin embargo, no existe duda sobre la influencia negativa de presentar historia de periodontitis crónica.

Resultados en relación a la estética:

Alteraciones en la altura de las papilas o recesión gingival son frecuentes con implantes inmediatos.

La recesión gingival ocurre con menor frecuencia en los implantes tipo II que en los inmediatos.

Los indicadores de riesgo de recesión gingival en implantes inmediatos son: biotipo periodontal fino, malposición vestibular del implante y la presencia de una delgada o alterada pared ósea vestibular.

Existe evidencia de que la restauración inmediata de los implantes inmediatos y los protocolos de carga convencional obtienen similares resultados en cuanto a la alteración de las dimensiones de los tejidos blandos.

Aunque los pacientes suelen evaluar satisfactoriamente los resultados de los implantes post-extracción, lo cierto es que existen pocos estudios basados en datos objetivos.

4.2.2. Estudios histológicos

1. Los estudios histológicos sobre el modelo animal que encontramos en la literatura evalúan:

- **Secuencia de cambios de la interfase hueso-implante de gaps experimentales de entre 1 y 1.5mm creados en el momento de la colocación del implante, donde se demuestra la autorresolución de los mismos:** Ohta y cols. 1993; Boticelli y cols. 2003, 2004 y 2006.
- **Secuencia de cambios dimensionales en el alvéolo post-extracción con o sin la colocación de un implante inmediato:**

Cardaropoli y Araújo (2003) observaron que tras la extracción dentaria se produce una disminución del tamaño de la cresta alveolar y de los tejidos blandos. La zona intraalveolar era ocupada por hueso lamelar y que posteriormente se ocupaba por hueso medular. Araújo y cols. (2005a)

demuestran como el remodelado de la cresta alveolar se produce de forma más pronunciada en vestibular que en lingual.

Se ha sugerido que la colocación de implantes post-extracción puede prevenir el remodelado y mantener la forma de cresta (Paoloantonio y cols. (2001)). Así, en un estudio experimental de Araújo y cols. (2005b), se evaluaba en 5 perros beagle esta hipótesis, concluyendo:

- ✓ Se demostró que se producen unas alteraciones dimensionales en la cresta edéntula después de 3 meses tras la extracción de la raíz distal.
- ✓ La colocación de un implante no impidió la remodelación.
- ✓ A los 3 meses la altura lingual y bucal era similar en los implantes que en la zona edéntula .
- ✓ La desaparición temprana del hueso “bundle bone” en ausencia de diente ocupa una gran parte de la porción marginal de la pared ósea tanto en bucal como en el aspecto lingual del alvéolo.
- ✓ La reabsorción de la superficie tiene un efecto más pronunciado en la pared bucal que en la en la pared lingual del alvéolo.
- ✓ La reabsorción de las paredes bucales del alvéolo fueron 3 veces más que la zona bucal de los controles.

Vignoletti y cols. (2009), publican un estudio en 16 perros beagle donde colocan 64 implantes post-extracción de los premolares 3 y 4. Realizan estudio histológico secuencial a las 4 horas, 1, 2, 4 y 8 semanas. Curiosamente demuestran mayor pérdida ósea vertical en la tabla vestibular

en los gaps estrechos. No consiguen preservar la cresta con los implantes inmediatos.

- **Secuencia de cambios dimensionales en el alvéolo post-extracción con la colocación de implantes inmediatos con y sin colgajo:**

Blanco y cols. (2008), realizan un estudio experimental en 5 perros beagle. Se trata de un estudio comparativo y controlado, en el modelo animal perro de raza Beagle, que evalúa el proceso de cicatrización alveolar tras la extracción dental y la colocación de implantes dentales en el mismo acto quirúrgico en dos grupos: el grupo control o con colgajo y el grupo experimental o sin colgajo. En este estudio no se encuentran diferencias significativas entre ambos grupos en términos de reabsorción ósea tanto en la cortical vestibular como lingual.

Otros estudios experimentales sobre modelo animal y que analizan la influencia del hecho del levantamiento de un colgajo sobre el remodelado óseo que sufre el alveolo post-extracción muestran resultados controvertidos: mientras unos estudios como el de Filck y cols. (2008) parecen encontrar diferencias estadísticamente significativas, otros parecen no encontrarlas (Araujo y cols. 2009).

2. Los estudios histológicos en humanos:

Cortellini y cols. (2000), publican la biopsia a modo de “case report” de un implante post-extracción en humanos donde muestran una perfecta osteointegración del implante así como una correcta relación con los tejidos blandos.

Entre los estudios histológicos en humanos destacamos el estudio que Paolantonio y cols. (2001), realiza en 48 pacientes sanos que recibieron al menos 4 implantes en cada uno de dos cuadrantes simétricos, a los que se les puso un implante experimental en un alvéolo fresco post-extracción y otro implante contralateral en hueso maduro. En este estudio observan que cuando un implante roscado se coloca sin el uso de una membrana u otros materiales regenerativos en un alvéolo fresco post-extracción con un GAP de 2 mm o menos, el resultado clínico, radiográfico y el grado de osteointegración no difieren de los implantes colocados sobre crestas cicatrizadas.

4.2.3. Estudios clínicos:

Existen múltiples estudios clínicos en la literatura que evalúan variables clínicas y radiográficas como, por ejemplo, el de Watzek y cols. (1995); Gómez-Román y cols. (1997); West y cols. (2007), Botticelli y cols. (2008) o Pieri y cols. (2009). En estos estudios se trata de resaltar el éxito clínico de los implantes inmediatos. Pero la mayoría son series de casos y no se pueden extrapolar los resultados debido a las diferencias metodológicas.

Sin embargo, son muy interesantes los estudios clínicos de reentrada quirúrgica. Uno de los estudios más interesantes de este tipo que encontramos en la literatura es el de Botticelli y cols. (2004) donde se plantean como objetivo el estudiar las alteraciones dimensionales que se producen tras la extracción dentaria y la colocación inmediata de implantes. En la mayor parte de los casos, los defectos marginales se han resuelto y las dimensiones horizontales de las paredes V y L se han reducido. La reabsorción media vertical es de 0,3mm vestibular, 0,6mm lingual, 0,2 mm mesial y 0,5mm distal. Concluyen diciendo que el defecto que se produce entre la superficie del implante y el hueso tras la colocación de un implante inmediato puede

cicatrizar espontáneamente de forma predecible con nueva formación ósea y resolución del defecto, a través de la formación ósea en el interior del defecto y de la reabsorción ósea fundamentalmente en la cara vestibular de la cresta ósea.

Recientemente, Sanz y cols. (2009), han publicado un estudio clínico multicéntrico, prospectivo, aleatorizado y controlado donde con un diseño similar se obtienen resultados parecidos. La única discrepancia relevante que encontramos es en el hecho de que la reabsorción buco-lingual sufrida por el proceso alveolar donde se colocan los implantes inmediatos es menor que el del estudio de Botticelli y cols. 2004 (40% frente a un 25 %) si bien los propios autores creen que se debe al mayor número de pacientes utilizados en el estudio (93 frente a 18). Por otro lado, los autores no encuentran mejores resultados con la utilización de implantes con diseño en forma tronco-cónica frente a los cilíndricos convencionales. Sin embargo, en este estudio se demuestra que la anchura del gap periimplantario es menos relevante que el grosor de la tabla ósea circundante o el grosor de la mucosa periimplantaria, entre otras variables.

Esposito y cols. (2008), en su revisión sistemática, describe el único ensayo clínico controlado que encontramos en la literatura en relación con los implantes inmediatos versus implantes tardíos (dos o más meses). Es el estudio de Lindeboom y cols. 2006 donde después de un año de seguimiento no hubo diferencias estadísticamente significativas en cuanto a los fracasos de las prótesis y del implante, las complicaciones y la estética evaluada (altura de la papila y nivel de la mucosa marginal periimplantaria con relación a los dientes adyacentes).

5. CARGA INMEDIATA

5.1 Tiempos de carga:

La estabilidad primaria del implante y la falta de micromovimientos se consideran dos de los factores principales necesarios para el logro de un éxito elevado predecible de los implantes orales osteointegrados (Albrektsson y cols. 1981). Un implante oral osteointegrado exitoso se ancla directamente al hueso, sin embargo, en presencia de movimiento, una interfase de tejido blando puede encapsular el implante (Brunski y cols. 1979) lo que causa su fracaso. Para minimizar el riesgo de encapsulación del implante por tejidos blandos y porque se consideraba que el hueso necrótico que rodeaba el implante tras su inserción no sería capaz de soportar cargas y tendría que ser renovado por hueso nuevo previamente, se recomendó mantener los implantes libres de carga durante el período de cicatrización (tres a cuatro meses en el maxilar inferior y seis a ocho meses en el maxilar superior) (Brånemark y cols. 1977). Esto sería el concepto tradicional de carga en los implantes.

Sin embargo, la introducción de las superficies rugosas, el posterior desarrollo de las nuevas superficies rugosas bioactivas y la profundización en el conocimiento de los procesos biológicos implicados en la osteointegración han hecho que diversos autores y sociedades científicas hayan propuesto múltiples clasificaciones de los tiempos de carga de los implantes a lo largo de la historia de la implantología.

La definición más actual de los tiempos de carga (carga inmediata, carga temprana y carga tardía o convencional de los implantes) fue establecida en una revisión sistemática de Esposito y cols. (2008), donde la

carga inmediata se definió como un implante puesto en funcionamiento dentro de la semana después de su colocación; la carga temprana se definió como los implantes puestos en funcionamiento entre una semana y dos meses, y la carga convencional como los implantes cargados después de dos meses.

5.2. El tejido óseo sometido a cargas (ley de Wolf).

Según la ley de la transformación del hueso de Wolf (1892), cada cambio en la forma y función ósea, o sólo en la función, es seguida de cambios definitivos en la arquitectura ósea interna y en la conformación externa de acuerdo con leyes matemáticas.

En íntima relación con este postulado, algunos autores concluyen que la osteointegración representaría un proceso dinámico tanto en su establecimiento como durante su mantenimiento. Frost y cols. (1987) presentaba su teoría de los mecanostatos según la cual en el hueso existirían unos receptores –mecanostatos– capaces de detectar la deformación del tejido cuando es sometido a cargas (cuya magnitud se mide mediante una variable física denominada *strain* (Σ)), y así, activar respuestas celulares adecuadas para adaptarse estructuralmente a la nueva situación (modelado y remodelado). La diferencia entre la cantidad de hueso reabsorbido y el depositado se expresaría mediante la fracción « ρ », de manera que si es positiva indica un aumento en el depósito óseo y, si es negativa, un incremento en la reabsorción.

Frost describió cuatro categorías diferentes en función de los niveles de deformación (*microstrain*) que sufriera el hueso al soportar cargas:

- Una *zona de desuso*, cuyos niveles de *microstrain* estarían comprendidos entre 0 y 200 $\mu\Sigma$,

(ρ)<0 → reabsorción. Son más frecuentes las microfracturas y la reabsorción ósea neta
- Una *zona de carga fisiológica* (200 $\mu\Sigma$ a 2.500 $\mu\Sigma$),

(ρ)=0 → Turn over
- Una *zona de sobrecarga* (2.500 $\mu\Sigma$ a 4.000 $\mu\Sigma$),

(ρ)>0 → Estimulan al hueso para conseguir un aumento de masa que reduzca la fuerza por unidad de superficie. No existe remodelado estructural (hueso primario)
- Una *zona de sobrecarga patológica* (4.000 $\mu\Sigma$ a 6.000 $\mu\Sigma$), por encima de la cual la deformación ósea podría llegar a producir una *fractura*, a partir de niveles muy elevados de $\mu\Sigma$.

Martin y cols. (2000), plantea la hipótesis de que los osteocitos, como mecanosensores, mantendrían continuamente una *señal inhibitoria* con las células de revestimiento para que no se ponga en marcha la remodelación. Las cargas normales mantendrían esa señal inhibitoria, y la ausencia de cargas haría desaparecer la señal favoreciendo la remodelación. En zona de sobrecarga moderada, las microfracturas eliminarían igualmente la comunicación osteocito-célula de revestimiento, suprimiendo la señal inhibitoria.

5.3. Evidencia científica en torno a la carga inmediata:

Los patrones de cicatrización ósea que tienen lugar durante la osteointegración de un implante libre de cargas coinciden con los descritos para otros tipos de defectos (como es el caso de los alvéolos post-extracción) (Berglundh y cols. 2003 y Cardarapoli y cols. 2003).

Lo que pretendemos saber es lo qué ocurre sobre los mecanismos biológicos íntimos que intervienen en la cicatrización ósea periimplantaria si se somete a los implantes a carga inmediata.

5.3.1. Artículos de revisión:

En la literatura encontramos en los últimos años diversas publicaciones de consenso sobre carga inmediata en implantes dentales cuyo objetivo común es el de analizar críticamente la literatura disponible, discutir los factores que afectan a esta modalidad de tratamiento, así como, en algunos de ellas, establecer una serie de recomendaciones clínicas. .

Así, en la literatura encontramos publicados entre otros trabajos el de Gapski y Lang (2003); Aparicio y cols. (2003); Cochran y cols. (2004), Ganeles y cols. (2004), Morton y cols. (2004); Chiapasco y cols. (2004); Glauser y cols. (2006); Sennerby y cols. (2008).

En el último año, encontramos las tres últimas revisiones publicadas:

La primera de Esposito y cols. (2009), realizan una revisión sistemática sobre los tiempos de carga de los implantes dentales mediante una revisión de los ensayos clínicos controlados y randomizados publicados. Estos autores concluyen diciendo que es posible cargar con éxito los implantes dentales de inmediato después de su colocación en pacientes

seleccionados, aunque esta técnica debe de ser realizada por clínicos expertos. No está claro si los contactos oclusales benefician la osteointegración de los implantes. Un grado alto de estabilidad primaria del implante (valor alto del torque de inserción) parece ser uno de los prerequisites para un procedimiento exitoso.

La segunda de Weber y cols. (2009), procede de la Cuarta Conferencia de Consenso ITI, celebrada en Alemania en agosto del 2008. En ella se aceptan como tiempos de carga los publicados por Esposito y cols. (2008), y se revisa toda la literatura disponible hasta la fecha dando mayor peso científico a las revisiones sistemáticas y a los ensayos clínicos controlados randomizados diferenciando:

- **Pacientes desdentados:**

Existe elevada evidencia que avala la carga inmediata tanto de prótesis fijas como sobredentaduras en mandíbula con el empleo de implantes de superficie rugosa. La literatura avala el empleo de carga inmediata de implantes de superficie rugosa mediante prótesis fija en el maxilar. Pero este consenso establece que el tratamiento es complejo y que requiere clínicos con apropiada formación, destreza y experiencia. No existe este respaldo científico en el caso de las sobredentaduras maxilares.

- **Pacientes parcialmente desdentados:**

La literatura avala el empleo de carga inmediata de implantes de superficie rugosa mediante prótesis parcial fija mandibular. Pero este consenso establece que el tratamiento es complejo y que requiere clínicos con apropiada formación, destreza y experiencia. Es insuficiente el aval científico en el caso de las prótesis parciales fijas maxilares.

- **Zonas estéticas:**

Si bien el momento de la carga no parece afectar a la supervivencia de los implantes en zonas estéticas. No existen estudios controlados que evalúen de una manera objetiva las consecuencias estéticas de los diferentes tiempos de carga. La literatura avala el empleo de carga inmediata de implantes de superficie rugosa en zonas estéticas parcialmente desdentadas. Pero este consenso establece que el tratamiento es complejo y que requiere clínicos con apropiada formación, destreza y experiencia.

La tercera de las revisiones es la de Atieh y cols. (2009). Estos autores hacen una revisión sistemática sobre los resultados estéticos de implantes inmediatos sometidos a restauración o carga inmediata. Analizan 10 estudios, un total de 629 implantes y concluyen encontrando un mayor riesgo significativo de fracaso de implantes en contra de los implantes inmediatos restaurados de forma inmediata con o sin carga. Sin embargo, este tipo de procedimiento parece asociarse a cambios estéticos más favorables del margen gingival al cabo de un año.

5.3.2. Estudios histológicos:

1. Estudios histológicos en el modelo animal:

Akagawa y cols. (1993), comparan en 8 implantes de zirconio no ferulizados en perros, carga precoz versus controles no cargados, concluyendo que la pérdida ósea crestal es mayor en la carga precoz. Peores resultados obtienen Sagara y Akagawa (1993) con implantes de titanio sometidos a carga precoz atribuyendo a ésta peor aposición ósea y mayor pérdida crestal.

Piatelli y cols., en un estudio publicado en 1993, carga al mes 3 implantes de titanio no ferulizados en monos y espera 15 meses, encontrando estrecho contacto hueso-implante, siendo este hueso **de cortical y trabéculas más gruesas** que los controles. En un posterior estudio de 1997, 20 implantes tratados con spray de plasma de titanio (TPS) en monos, cargados a los 15 días, encuentran en el análisis histomorfométrico un porcentaje de contacto hueso-implante similar a los controles no cargados. Especial atención requiere el estudio de 1998, donde en 48 implantes cargados a los 3 días, encuentran un porcentaje de contacto hueso-implante mayor y apariencia más compacta en los de carga inmediata. Si bien no encuentran diferencias estadísticamente significativas en el BIC de ambos grupos, sí las encuentran en las áreas de hueso dentro de las roscas. Las diferencias en BIC pueden deberse a un estímulo positivo de los micromovimientos fisiológicos y, por lo tanto, concluyen que:

- Los implantes cargados y ferulizados de manera inmediata pueden osteointegrarse con una respuesta ósea periimplantaria similar a la de los de carga diferida
- La carga inmediata podría tener potencial para aumentar la osificación del hueso alveolar alrededor de los implantes.

Romanos y cols. (2001, 2002, 2003), demuestran en una serie de estudios realizados en monos *Macaca fascicularis* que, al igual que el grupo de Peatelli, la carga inmediata no sólo no perjudica la osteointegración del implante sino que incluso podría favorecerla.

Meyer y cols. (2003 y 2004), en un estudio en 8 cerdos machos Göttinger donde se colocan 32 implantes sin colgajo tras tres meses de cicatrización de las exodoncias y donde se realiza carga inmediata en 16,

concluye que la carga inmediata de los implantes puede llevarse a cabo sin que se altere el proceso de la osteointegración, es decir, se puede realizar sin la interrupción de la interfase titanio-hueso o alteración de la fisiología osteoblástica en la fase de carga temprana, atribuyendo esto al hecho de lograr un strain óseo estimado por debajo de $5000\mu\epsilon$, que favorecería la adhesión celular y la aposición directa al implante. Los protocolos de carga inmediata se pueden realizar sin interferir con la biología ósea normal.

Nkenke y cols. (2003), en un estudio en 7 cerdos en miniatura, tras 3 meses de cicatrización de las exodoncias, se colocaron 5 implantes donde 4 se cargaban de manera inmediata y se ferulizaban. Se llevó a cabo el marcado por fluorescencia policromática para determinar la tasa de aposición mineral ósea (BMAR). Tras cuatro meses se sometieron las uniones hueso implante a microscopía de fluorescencia y análisis histomorfométrico. El único implante fracasado se correspondía con una de las dos prótesis que fracasaron. Estos autores afirman que la carga inmediata no afectó la tasa de aposición mineral ósea (BMAR) ni al BIC cuando se compara con implantes no cargados, siendo la ferulización rígida un factor crucial para el éxito de estos implantes.

Siar y cols. (2003), demuestra en su artículo que la carga inmediata funcional no compromete las dimensiones fisiológicas de los tejidos blandos peri-implantarios en el área posterior mandibular en 6 monos macacos, 36 implantes y tres meses de cicatrización.

Nkenke y cols. (2005a y b), publican un estudio donde compara, utilizando como modelo de estudio el maxilar de cerdos en miniatura, carga inmediata con carga diferida. Estudian periodos de carga diferida de uno hasta cinco meses con un período de carga para todos los grupos de seis

meses. También compara la preparación quirúrgica del lecho implantario con osteotomos frente al fresado convencional. Analiza la supervivencia y la estabilidad de los implantes mediante FRA, no encontrando diferencias significativas en cuanto a supervivencia de implantes entre ambos tipos de cargas hasta los cuatro meses de cicatrización sin carga. También analiza mediante histomorfometría el BIC y el BDA tanto entre espiras como en un área de 2mm, no encontrando diferencias significativas.

Joos y cols. (2005), mediante un diseño de implante cónico especialmente diseñado mediante análisis de elementos finitos para una adecuada distribución de las fuerzas de la carga inmediata al hueso (5500-3000 microstrains) dentro de fuerzas masticatorias, consigue desde el primer día en 8 cerdos en miniatura un BIC del 90% y dice mantenerlo durante la cicatrización del implante acelerando la osteointegración a horas, por permitir este diseño contacto directo al implante de osteoblastos y de la matriz mineralizada. Los cerdos se sacrifican a las 4 h, 3, 7 y 28 días.

Neugebauer y cols. (2006), compara 85 implantes en cerdos en miniatura donde la mitad son cargados de forma inmediata. Concluyen el estudio diciendo que después de 4 meses los implantes cargados de manera inmediata mostraban un mayor grado de formación y remodelación ósea comparado a los implantes no cargados. Los implantes cargados de manera inmediata mostraban una mayor prevalencia de fibras de colágeno en el tejido óseo periimplantario de orientación transversal. Curiosamente, en este estudio, los implantes que no alcanzaban un torque de inserción de 35N fracasaron todos.

En ese mismo año 2006 encontramos estudios como el de Chanavati y cols., donde después de hacer un estudio experimental en 15 perros

dividiendo los implantes en tres grupos (Carga a las 48h, a la semana y no carga) después de tres meses no encuentran diferencias estadísticamente significativas en el BIC, ni en el grado de osteointegración ni en la composición del nuevo hueso formado.

Suzuki y cols. (2007) realizan un estudio en primates donde vuelven a encontrar un BIC y un remodelado óseo más favorable en los implantes de carga inmediata, pero también es el grupo donde aparecen los únicos implantes fracasados del estudio y en dos de los de carga se encuentran con un BIC extremadamente bajo. Los autores sugieren que si bien la carga inmediata podría resultar en una osteointegración más favorable, quizás el precio a pagar sería el de asumir un mayor riesgo de fracaso.

Ese mismo año se publica un estudio de Matsuzaka y cols. (2007), comparan la ferulización o no de implantes en sectores desdentados posteriores no encontrando diferencias estadísticamente significativas en el BIC a las 4, 8 y 12 semanas. Sí encuentran diferencias a las 4 semanas a favor de los ferulizados a nivel de hueso esponjoso. Concluyen diciendo que la ferulización podría favorecer la osteointegración de los implantes sometidos a carga inmediata a nivel de hueso esponjoso.

En el 2008 encontramos, entre otros, un estudio experimental en monos de Quaranta, donde se analizan la repercusión sobre los tejidos blandos de la carga inmediata no encontrando diferencias significativas a 9 meses de cicatrización de 48 implantes de los cuales la mitad fueron cargados a los tres días.

Stavropoulos y cols. (2008), realizan un estudio con 24 implantes en 6 perros con implantes unitarios. Tres perros son operados con una preparación convencional del lecho implantario y en los otros tres se prepara el lecho con

osteotomos con la finalidad de mejorar la calidad ósea. A su vez, en cada perro la mitad de los implantes son sometidos a carga inmediata. Los perros se sacrifican a las 2, 4 y 12 semanas. Se encuentran con que todos los implantes del grupo de los osteotomos han fracasado. Sin embargo, ninguno en el grupo del fresado convencional donde además no encuentran diferencias estadísticamente significativas a nivel de tejidos duros ni blandos entre carga inmediata y no carga.

Slaets y cols. (2009), publican un estudio experimental en tibia de conejos sacrificados a los 3, 7, 14, 28 y 42 días. La mitad de los implantes son sometidos a carga inmediata de 2.2N a 3 Hz por 188 ciclos, 5 días a la semana. Si bien no encuentran diferencias en los eventos de la osteointegración a nivel de la cortical, sí encuentran una más larga actividad de formación de nuevo hueso por parte del periostio y del endostio en los implantes sometidos a carga inmediata.

Es de destacar el artículo de **Mangano y cols. (2009)**, donde publican un estudio en 4 monos *Papio ursinus* donde **combinan carga inmediata e implantes post-extracción**. 32 implantes inmediatos, 8 en cada mono donde la mitad eran sometidos a carga inmediata y la otra mitad eran sumergidos. Los monos eran sacrificados a los 90 días. No encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en el BIC pero si una mayor cantidad de remodelado óseo en los implantes sometidos a carga.

Traini y cols. (2009), publican un estudio en cerdos en miniatura donde se colocan 25 implantes después de tres meses de curación de las exodoncias. Colocaban 5 implantes en cada animal de los cuales 4 eran sometidos a carga inmediata. Después de 4 meses los animales eran sacrificados y se realizaba estudio histológico e histomorfométrico

estudiando el BIC, el grado de mineralización del hueso periimplantario y del hueso alveolar y la orientación de las fibras de colágeno en dichos tipos de hueso. Los resultados de este estudio si bien muestran un BIC mayor en los no cargados aunque sin diferencias significativas, sin embargo, tanto la mineralización como el porcentaje de fibras de colágeno orientadas en sentido transversal, es significativamente mayor en el hueso periimplantario de los implantes sometidos a carga inmediata que en los no sometidos a carga, incluso la mineralización es significativamente mayor que en el hueso alveolar no sometido a la colocación de implantes dentales.

Jayne y cols. (2010), publican un estudio en perros donde 48 implantes son sometidos a diferentes tiempos de carga (0, 7 y 14 días) y evaluados histomorfométricamente a las 12 semanas de carga. Los autores concluyen su estudio no encontrando diferencias significativas entre los diferentes tiempos en ninguno de los tres parámetros estudiados: BIC, densidad ósea y pérdida ósea crestal.

2. Estudios histológicos en el modelo humano:

Piatelli y cols. (1993) analizó un implante retirado por fractura a un paciente a los siete años de función que había sido cargado a la semana, arrojando el estudio histomorfométrico un hueso compacto laminar con múltiples canales haversianos y con un contacto hueso implante del 86,69%. Sugieren que el éxito del implante se debería a su colocación en hueso compacto con alta estabilidad primaria, y que la formación de hueso cortical seguiría las leyes de Wolf. En 1997, el mismo grupo analizó dos implantes cargados inmediatamente, y retirados tras 8 y 9 meses de función. Consiguieron un hueso compacto y maduro con un BIC del 60 al 70%. Afirmó que la carga

inmediata puede usarse en casos selectos con hueso de buena calidad y con implantes tipo tornillo y de superficies rugosas.

Testori y cols. (2001) analizaron dos implantes Osseotite® cargados inmediatamente y retirados tras 4 meses de función en un paciente, mostrando el estudio histomorfométrico un contacto hueso-implante entre el 78 y el 85%. En 2002, el mismo grupo realizó un estudio similar sobre un implante Osseotite® cargado inmediatamente y retirado a los dos meses, junto con dos implantes que se mantenían sumergidos. Al ser analizados histológicamente encuentran que los tres implantes estaban osteointegrados, pero que el contacto hueso-implante era mucho mayor en el cargado de forma inmediata que en los sumergidos (64,2% frente a 38,9%).

Degidi y cols. (2003), presentaron dos estudios en pacientes con implantes de carga inmediata. En el primero retiraron 11 implantes colocados en región mandibular de 6 pacientes tras 10 meses de carga, observando la existencia de una interfase de hueso maduro en todos los implantes, siendo el contacto hueso-implante de entre el 60% y el 65% en todos los implantes. En el segundo estudio, analizan el comportamiento de 3 implantes cargados inmediatamente (dos cubiertos de hidroxapatita y uno tratado con chorreado de arena), y retirados a los 6 meses, encontrando un porcentaje de contacto hueso implante del 80,7%. La conclusión de ambos estudios es que la osteointegración puede ocurrir en presencia de carga inmediata, lo que le convierte en una posible alternativa en los tratamientos de implantes.

Rocci y cols. (2003), llevaron a cabo un estudio en voluntarios humanos insertando en la mandíbula posterior nueve implantes con superficie de titanio oxidizado, de los que dos fueron cargados de forma inmediata y el resto de manera diferida a los 2 meses. Los implantes se retiraron de 5 a 9

meses después. El contacto hueso-implante fue en los implantes cargados inmediatamente superior a los valores del grupo de carga diferida aunque sin existir diferencias estadísticamente significativas.

Degidi y cols. (2004), presentaban un BIC del 74% en un implante unitario posterior mandibular tras seis meses de cicatrización sometido a carga inmediata. Los mismos autores en el año 2005, publicaban una biopsia humana de un implante colocado en una zona de pobre calidad ósea y sometido a carga inmediata no oclusal. Tras dos meses de cicatrización observan en el estudio histológico la formación de nuevo hueso lamelar con una anchura de entre 200 y 400 micrones. En algunas áreas era posible observar osteoblastos produciendo matriz osteoide directamente sobre la superficie del implante. El BIC era del 71%.

Romanos y cols. (2006), presenta la cicatrización histológica en humanos de entre 2 y 10 meses de 29 implantes sometidos a carga inmediata encontrando un BIC del 66.8% y concluyendo que con carga inmediata se puede conseguir y mantener un buen porcentaje de contacto hueso implante.

Ese mismo año, Iezzi y cols. (2006) obtienen resultados similares al biopsiar tres implantes transicionales en contacto oclusal y carga inmediata tras 4 meses de cicatrización y Di Stefano y cols. (2006) publicaban una biopsia humana con un BIC del 51% en un implante de 20 años de evolución.

Especial atención requiere el trabajo de Traini y cols. (2006), donde publican un estudio de biopsia humana de dos implantes sometidos a carga inmediata de dos y 12 años de evolución. Tras someter las preparaciones histológicas a un microscopio con CPL (Luz circularmente polarizada) para el estudio de la orientación de las fibras de colágeno concluyen que aunque los BIC son diferentes, la carga inmediata generó y mantuvo un % similar de

fibras de colágeno orientadas transversalmente. **Estos autores defienden que las fuerzas transmitidas al hueso por la carga inmediata generan y mantienen una orientación más transversal de las fibras de colágeno del hueso periimplantario.**

Guida y cols. (2008), presentan un estudio experimental donde dos implantes inmediatos, de los cuales uno es sometido a carga inmediata, son comparados clínica e histológicamente. Tras seis meses ambos son biopsiados. Clínica y radiográficamente no existen diferencias estadísticamente significativas y ambos implantes están sanos y estables. Sin embargo histológicamente el BIC del cargado era de 58% y del no cargado 52%, pero lo más importante es que el hueso periimplantario era más compacto, maduro, y con áreas de remodelación mientras que el no cargado presentaba un delgado hueso trabecular.

También resulta muy interesante el estudio de Degidi y cols. (2009), donde demuestran un BIC significativamente mayor a las 4 y 8 semanas en implantes sometidos a carga inmediata en la zona posterior de la mandíbula respecto a implantes no cargados.

5.3.3. Estudios clínicos longitudinales

A lo largo de la literatura encontramos múltiples estudios similares de carga inmediata que no encuentran diferencias estadísticamente significativas pero que no son ensayos clínicos controlados randomizados con metodologías difíciles de comparar. Se trata de tratamientos con o sin control de arcadas completas o parciales con seguimientos a más de un año e incluso en los últimos años combinando carga inmediata e implantes post-extracción: Salamay cols. (1995); Tarnow y cols. (1997); Schnitman y cols. (1997);

Randow y cols. (1999); Jaffin y cols. (2000); Ganeles y cols. (2001); Cooper y cols. (2002); Wolfinger y cols. (2003); Degedi y Piatelli (2003); Yoo y cols. (2006); Drago y cols. (2006); Degidi y cols. (2006, 2007 y 2008); Romanos y cols. (2006); Cornellini y cols. (2004 y 2006); Glauser y cols. (2007); Crespi y cols. (2007); Jaffin y cols. (2007); De Bruyn y cols. (2008); Ostman y cols. (2008); Collaert y cols. (2008); Alfadda y cols. (2009).

Aunque con sólo seis meses de seguimiento, Barone y cols. (2003), realizan un interesante estudio radiológico (por lo tanto no invasivo) para evaluar la densidad ósea alrededor de implantes cargados inmediatamente en comparación con implantes sin carga. Para ello utilizan un nuevo TC escáner volumétrico. Insertan doce implantes de los que cargan 6 de forma inmediata y dejan el resto sin cargar, evaluándolos a los 6 meses. La tasa de supervivencia fue del 100%, siendo la media del perfil densitométrico más alta y estadísticamente significativa en los cargados inmediatamente que en los controles.

En los últimos años también encontramos estudios que combinan la carga inmediata y la cirugía sin colgajo como el de Oh y cols. (2006), o algunos que combinan carga inmediata, sin colgajo y post-extracción como el de Cannizzaro y cols. (2007) que continúan sin encontrar significación estadística.

Esposito y cols. (2009) realizan la revisión sistemática más reciente de los ensayos clínicos controlados aleatorios relacionados con los tiempos de carga y la presentan de este modo:

1) Carga inmediata versus carga convencional después de un año de función. Se incluyeron doce ensayos: Chiapasco y cols. (2001); Romeoy cols. (2002); Cannizzaro y cols. (2003); Hall y cols. (2006); Oh y cols. (2006);

Romanos y cols. (2006); Assad y cols. (2007); Tukyilmaz y cols. (2007); Crespi y cols. (2008); Donati y cols. (2008); Güncü y cols. (2008); Schincaglia y cols. (2008). Posterior a esta revisión de Esposito a partir de junio del 2008 encontramos: Cannizzaro y cols. (2008c)

2) Carga inmediata versus carga temprana después de un año de función. Se incluyeron seis ensayos: Testori y cols. (2007); Cannizzaro y cols. (2008a, 2008b y 2008d); Merli y cols. (2008); Zöllner y cols. (2008). Posterior a esta revisión de Esposito a partir de junio del 2008 encontramos: Galli y cols. (2008).

3) Carga oclusal versus carga no oclusal. Se incluyó un único ensayo: Lindeboom y cols. (2006).

Estos ensayos clínicos controlados no encuentran diferencias significativas entre la carga inmediata y la no carga en cuanto a supervivencia de implantes. Tampoco encuentran diferencias entre que esa carga sea funcional o no. Todos parecen coincidir en la necesidad de una alta estabilidad primaria como una condición importante para realizarla.

II- JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

1. JUSTIFICACION

Sabemos que los patrones de cicatrización ósea que tienen lugar durante la osteointegración de un implante libre de cargas coinciden con los descritos para otros tipos de defectos (como es el caso de los alvéolos post-extracción).

Aunque en la actualidad ya disponemos de suficiente literatura clínica que avala la utilización de la carga inmediata como un protocolo estándar bajo determinadas circunstancias clínicas y radiográficas, en realidad, muy poco sabemos sobre los mecanismos biológicos íntimos que intervienen en la cicatrización ósea periimplantaria en tales condiciones. Y, sobre todo, cómo estos mecanismos biológicos de unión entre hueso-implante podrían no alterarse con la realización de implantes inmediatos sometidos a carga inmediata o incluso que se viesan favorecidos hacia una osteointegración más favorable.

Además, aunque los estudios en animales más recientes parecen demostrar que ni la colocación de implantes inmediatos, ni el realizar la cirugía sin colgajo ni someter el implante a carga inmediata parecen prevenir de forma significativa la reabsorción del hueso alveolar y, por lo tanto conseguir unos resultados cuantitativamente más favorables, cualitativamente sí se podría esperar ciertos cambios que nos permitiesen alcanzar una osteointegración más favorable (contacto hueso implante superior, un mayor área ósea trabecular o una orientación fibrilar más favorable).

Así, debido a la escasez de estudios que analicen el efecto de la carga inmediata sobre los implantes inmediatos proponemos un estudio comparativo y controlado en el modelo animal (perro de raza Beagle), que

evalúe el proceso de cicatrización alveolar desde un punto de vista cualitativo tras la extracción dental y la colocación de implantes dentales en el mismo acto quirúrgico, sin levantar colgajos, en dos grupos: el grupo control o sin carga inmediata y el grupo experimental con carga inmediata.

2. OBJETIVOS

- Supervivencia de los implantes y de las prótesis en ambos grupos.
- Describir y comparar los resultados de los registros clínicos que valoran la estabilidad primaria y secundaria de los implantes después de la extracción dentaria y colocación de implantes inmediatos sin colgajo en dos grupos: cirugía sin colgajo más carga inmediata de los implantes y cirugía sin colgajo pero sin carga inmediata de los implantes, a los tres meses de cicatrización.
- Estudiar histológicamente la respuesta tisular tras la colocación de implantes inmediatos a la extracción dental en ambos grupos y a los tres meses de cicatrización.
- Analizar y comparar mediante técnicas histomorfométricas en ambos grupos:
 - El porcentaje de contacto hueso-implante.
 - Analizar el área ósea mediante la medición del área trabecular entre espiras de los implantes y en un área de 300 micras a su alrededor.
 - Analizar la orientación de las fibras de colágeno de las trabéculas.

III. MATERIAL Y MÉTODO

1. Animales de experimentación.

El estudio experimental se realizó sobre una muestra formada por seis perros de raza Beagle que se caracterizaron por ser hembras castradas y adultas, con una edad media de 23 meses y con un peso medio de 14,2 kilogramos.

Durante todo el estudio, los perros estuvieron identificados con un número de chip colocado subcutáneamente cuya lectura se realizaba con un lector electrónico.

El área experimental se localizó a nivel del tercer y cuarto premolar de cada cuadrante mandibular (Figura 12 y 13). Las características anatómicas (Hennet y cols. 1999) relevantes de estos premolares para el desarrollo del estudio son:

1. Presentar dos raíces dentales, una mesial y otra distal.
2. Las dimensiones buco-lingual y mesio-distal de los alvéolos del tercer premolar mandibular son más pequeñas que las correspondientes al cuarto premolar mandibular.

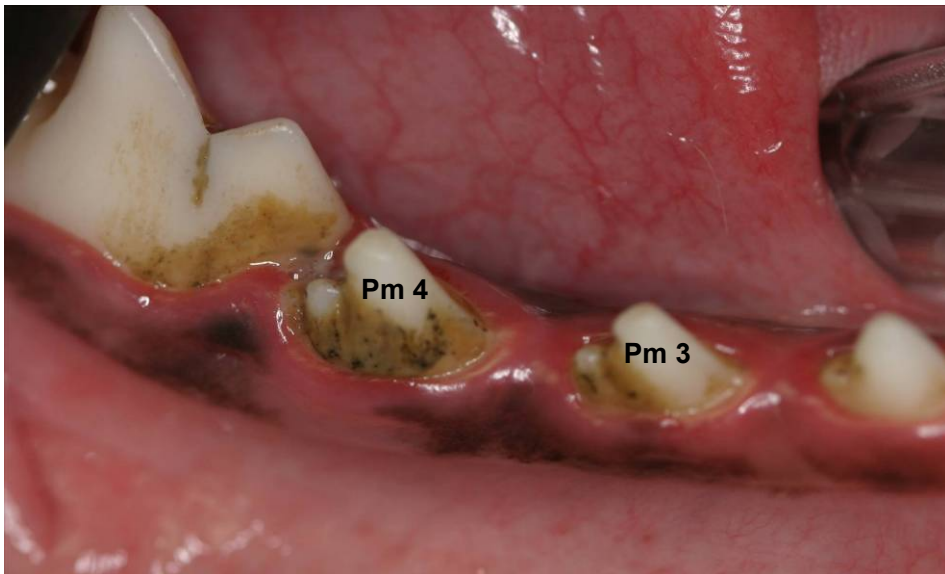


Figura 12: Imagen clínica del área experimental. Pm 3: premolar 3; Pm 4: premolar 4.

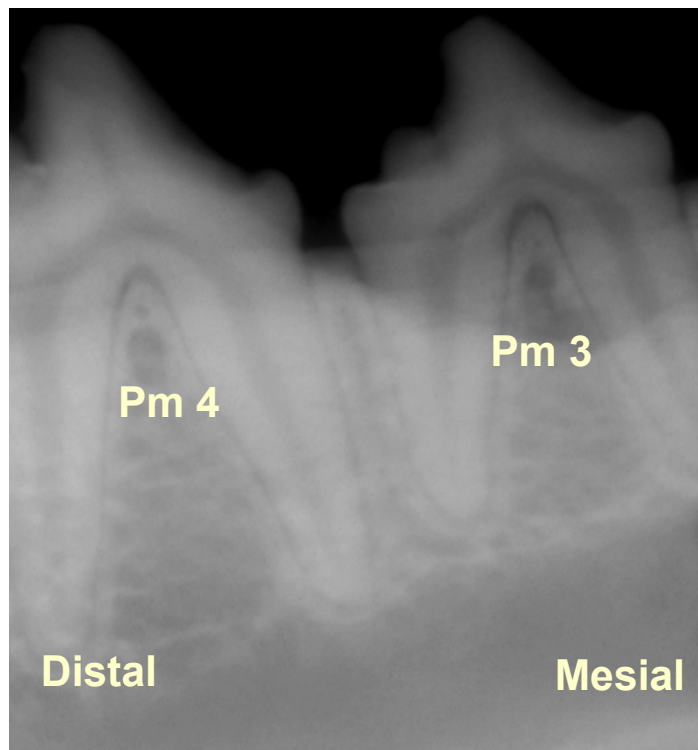


Figura 13: Imagen radiográfica del área experimental. Pm 3: premolar 3; Pm 4: premolar 4.

2. Implantes dentales.

Los implantes utilizados en el estudio fueron implantes estándar (Straumann®, Waldenburg, Suiza) fabricados de titanio puro biocompatible de grado cuatro que presentan una superficie pulida en la zona más coronal o cuello del implante y una superficie SLA® (Sand-blasted Large grit Acid etched) que se corresponde con la porción endoósea del implante (Straumann® dental implant system).

Las dimensiones de los implantes del estudio son 3,3 mm de diámetro endoóseo y 8 mm de longitud de superficie SLA.

El hombro o extremo más coronal del cuello del implante se caracteriza por tener un diámetro de 4,8 mm (Regular Neck) y porque la distancia vertical entre el cuello y el inicio de la superficie SLA es de 2,8 mm (Straumann® dental implant system) (Figura 14).



Figura 14: Características de los implantes dentales del estudio.

3. Prótesis:

Sobre los implantes de la hemiarcada experimental se ajustarán prótesis parciales fijas de resina previamente confeccionadas en el laboratorio de prótesis dental Oral-design en Lugo.

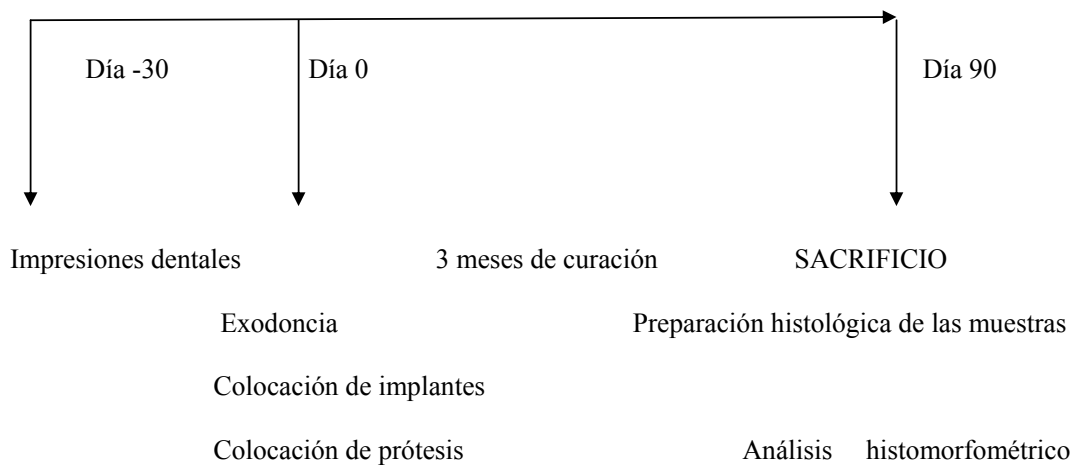
4. Manejo de los animales.

El manejo de los animales se ajustó a la directiva 86/609/CE, relativa a la aproximación de disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados Miembros respecto a la protección de los animales utilizados para la experimentación. La mayor parte de esta directiva está recogida en el RD 1201/05 el 21 de noviembre de 2005.

Los perros del estudio fueron proporcionados por la Facultad de Veterinaria de Córdoba e instalados en el Servicio de Experimentación Animal del Hospital Clínico Veterinario "Rof Codina" en la Facultad de Veterinaria de Lugo de la Universidad de Santiago de Compostela.

El cuidado y el mantenimiento se realizaron siguiendo las indicaciones marcadas por los manuales para el cuidado y uso de los animales de experimentación desde la fase de aclimatación hasta el momento del sacrificio (Palaciny cols. 2001, Gómez de S.I. & Tendillo 2001), bajo condiciones controladas de temperatura, luz y humedad. La alimentación fue con pienso granulado durante todo el período experimental y el agua fue administrada ad libitum.

5. Diseño del estudio



El día -30 se realizó la toma de impresiones dentales de la mandíbula y del maxilar de uno de los perros para utilizar en el laboratorio de prótesis dental Oral-design de Lugo como modelo del trabajo en escayola a partir de la cual confeccionar las futuras prótesis inmediatas.

El día 0 se realizó la exodoncia del tercer y cuarto premolar en ambos cuadrantes mandibulares y la colocación de los implantes inmediatos en los alvéolos distales de dichos premolares. En ambos cuadrantes mandibulares se realizó la extracción dental sin el levantamiento previo del colgajo mucoperióstico. Posteriormente se colocaron los implantes, dos en cada cuadrante, y se procedía a la colocación en uno de los cuadrantes de la prótesis fija ferulizando los dos implantes y se sometía a carga oclusal convencional. En cada perro se alternaron los cuadrantes, y así en los perros uno, tres y cinco, en el cuadrante mandibular derecho se realizó carga inmediata y en el cuadrante mandibular izquierdo sin carga inmediata. Mientras que en los perros dos, cuatro y seis en el cuadrante mandibular

derecho se realizó sin carga inmediata y en el cuadrante mandibular izquierdo se realizó carga inmediata.

En el día 90, después de un periodo de cicatrización de 3 meses se procedió al sacrificio de los perros para la obtención de las muestras para su posterior preparación histológica y análisis histomorfométrico.

6. Grupos de estudio (Figura 15).

Se obtuvieron dos grupos de estudio:

1. Grupo control: Sin carga inmediata.
2. Grupo experimental o test: Con carga inmediata.

Al grupo control pertenecían los implantes inmediatos colocados en los alvéolos distales del tercer y cuarto premolar del cuadrante mandibular en el que se realizaba cirugía sin colgajo y no se sometían los implantes a carga inmediata.

Al grupo experimental pertenecían los implantes inmediatos colocados en los alvéolos distales del tercer y cuarto premolar del cuadrante mandibular en el que se realizaba cirugía sin colgajo pero, posteriormente, dentro del mismo día se ferulizaban los implantes mediante una prótesis fija y se sometía a carga inmediata oclusal convencional.

Se colocaron 4 implantes por perro, 2 en el grupo control sin carga inmediata (en adelante SC) y 2 en el experimental con carga inmediata (en adelante CC), por lo que el número total de implantes fue de 24, 12 en cada grupo.

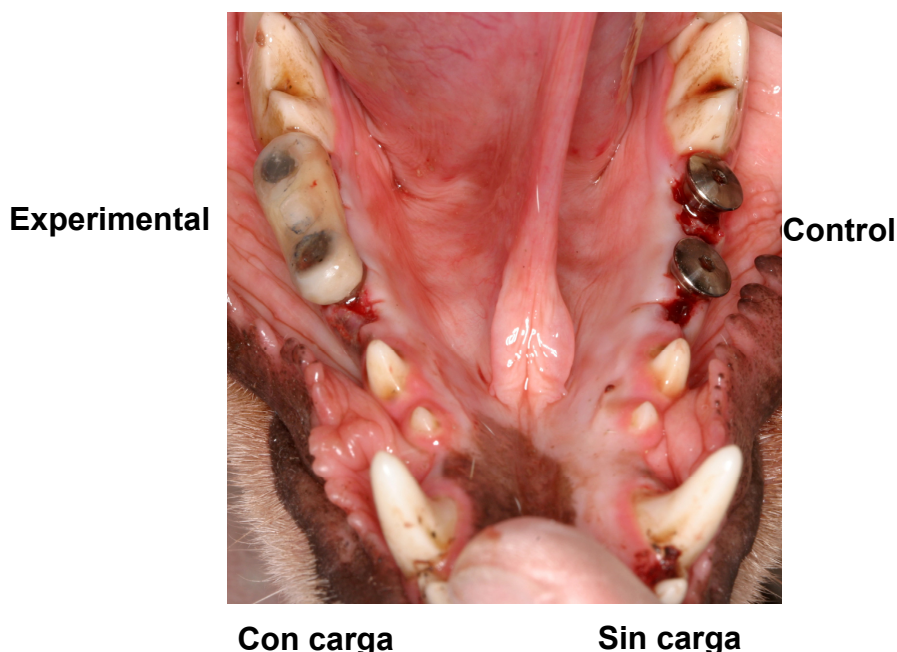


Figura 15: Fotografía clínica representativa del grupo control y experimental: En los perros 1, 3 y 5 el lado con carga inmediata es el derecho y el lado sin carga es el izquierdo. En los perros 2, 4 y 6 el lado con carga inmediata es el izquierdo y el lado sin carga es el derecho (estudio a boca partida).

7. Procedimiento experimental.

7.1. Día -30:

Toma de impresiones con silicona Virtual® (IVOCLAR VIVADENT, Principado de Liechtenstein, Suiza) en uno de los perros bajo anestesia general y así poder obtener réplicas en yeso tanto maxilares como mandibulares para poder posteriormente confeccionar en el laboratorio de prótesis dental Oral Design de Lugo las prótesis inmediatas. Se intentó seguir los mismos pasos que en el modelo humano (Figura 16 a y b).

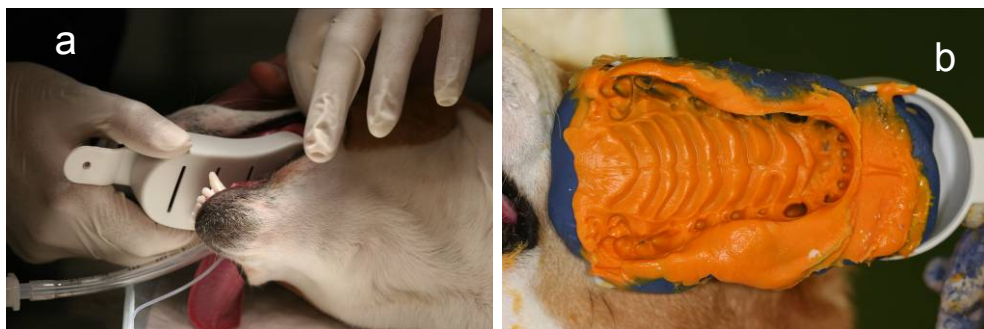


Figura 16 (a y b): Imagen Clínica de la toma de impresión e impresión de uno de los perros 30 días antes del día 0 mediante siliconas de adición pesada y ligera combinadas Virtual®. (IVOCLAR VIVADENT, Principado de Liechtenstein, Suiza)

En el laboratorio se vaciaron varios modelos en yeso tipo 4 Fuji Rock® (Fuji, Kortrijk, Belgica) así como se montaron en articulador con el objetivo de tener una relación oclusal de los mismos.

El siguiente paso es hacer un encerado de los premolares exodonciados en el modelo de yeso buscando uno o dos contactos en el mismo eje que van a tener los implantes e intentando que sean centrados al eje del implante. Este encerado se hace sobre los dientes existentes del perro y en ambos lados de la mandíbula ya que la carga puede ser de los dos lados. A ese encerado se le sacan unas llaves de silicona Zetalabor® (ZHERMACK®, Badia Polesine (RO), Italia) que servirán para posteriormente duplicar el encerado en resina.

Se carga y se obtiene por la técnica de vertido los dos bloques de resina New outline® (Anaxdent, Stuttgart, Alemania) y se articulan para mantener sólo esos contactos que nos interesan. También ponemos un refuerzo metálico por lingual de hilo de acero trenzado Dentaaron® (Dentaurum, Zürich, Suiza). Una vez obtenidos se hacen unos huecos que

permitirán colocar los pilares de los provisionales simulando las chimeneas de los implantes.

También los pilares de provisionales que utilizamos son para puentes (rotatorios) ya que van a utilizarse 2 implantes a modo de puente los cuales previamente en el laboratorio se tallan para reducir su dimensión oclusal en 2,5mm ya que los originales son demasiado altos y tropezarían en la oclusión.

Los pilares de provisionales son arenados con óxido de aluminio de 100 micras para asperizarlos y se les aplica un opaquer color A2 (Adoro; IVOCLAR VIVADENT®, Principado de Liechtenstein, Suiza)

De esta manera ya está todo preparado para la cirugía.

7.2. Día 0:

Exodoncia y colocación inmediata de implantes dentales

7.2.1. Procedimiento anestésico (Figura 17a)

La realización de la cirugía tuvo lugar bajo anestesia general y todo el procedimiento anestésico estuvo bajo la supervisión del cirujano veterinario.

El protocolo anestésico (Hedenqvist & Hellebrkers y cols. 2003) fue el siguiente:

1. La premedicación de los perros se realizó con acepromacina (0,05 mg/Kg./IM)
2. El control del dolor se realizó con la administración de morfina (0,3 mg/Kg./IV).

3. La inducción de la anestesia se realizó con propofol (2mg/Kg.).
4. El mantenimiento durante la cirugía fue con isofluorano a una concentración entre el 2,5-4%.

Durante el proceso anestésico los perros se mantuvieron monitorizados. Los parámetros medidos fueron la frecuencia cardiaca, la frecuencia respiratoria, la saturación de oxígeno, la espiración respiratoria de dióxido de carbono y la presión arterial.

7.2.2. Procedimiento quirúrgico:

De acuerdo a las normas descritas para la cirugía en animales de experimentación (Canadian Council on animal care 1998), ésta se desarrolló en la zona quirúrgica del Hospital Clínico Veterinario "Rof Codina" de la Facultad de Veterinaria de Lugo de la Universidad de Santiago de Compostela que incluía las siguientes áreas separadas:

1. Área para la preparación de los animales.
2. Área para la limpieza de las manos.
3. Quirófano.
4. Área de recuperación de los animales.
5. Área de almacenamiento, lavado y esterilización de los instrumentos.

El quirófano preservó las condiciones de esterilidad y asepsia necesarias para la realización de la cirugía y todas las superficies que pudiesen entrar en contacto con el cirujano, operadores y/o material estéril se cubrieron con paños quirúrgicos estériles (Peñarrocha y cols. 2001).

El equipo quirúrgico estuvo formado por el cirujano principal, dos operadores auxiliares y el cirujano veterinario. El procedimiento quirúrgico era realizado siempre por el mismo cirujano principal siguiendo el mismo protocolo.

El cirujano veterinario se encargó del proceso anestésico de los perros durante la cirugía así como de los cuidados en el periodo de recuperación postquirúrgico.



Figura 17 a y b: Imagen clínica del procedimiento anestésico e imagen de la preparación del campo quirúrgico.

La preparación del cirujano y sus operadores auxiliares incluyó el cepillado quirúrgico de las manos y el uso de ropa estéril. Para la preparación de los animales para la cirugía, los animales anestesiados se colocaron sobre la mesa quirúrgica y se cubrieron con paños quirúrgicos estériles dejando descubierta la zona quirúrgica. Para permitir la visibilidad del área quirúrgica se les colocó un abrebocas apoyado sobre los caninos superior e inferior del lado contrario al que iban a ser intervenidos (figura 17b).

El procedimiento quirúrgico se inició con la exodoncia de los premolares. La técnica quirúrgica de exodoncia de los premolares fue similar en el grupo control y en el grupo experimental. La técnica de exodoncia tenía como objetivo minimizar el trauma sobre los tejidos duros y blandos. Así, para la exodoncia del tercer y cuarto premolar, se realizó la hemisección de

los premolares con el objetivo de separar y hacer independientes las raíces mesiales y distales de cada premolar para posteriormente extraer cada una de las raíces por separado.

La hemisección se inició con el forceps de pico de loro haciendo coincidir las puntas de las valvas del forceps en la zona de bifurcación de las raíces mesial y distal y con movimientos suaves del forceps en sentido vestibulo-lingual se conseguía una ligera luxación de los premolares. A continuación con una fresa de fisura en turbina con abundante refrigeración y haciendo coincidir el eje longitudinal de la fresa en la zona de la bifurcación de los premolares, se procedió a la sección de los premolares (figura 18 y 19).



Figura 18: Imagen clínica odontosección.



Figura 19: Imagen radiográfica odontosección.

Una vez que las raíces se habían separado, con la ayuda de un forceps de raíces se realizó la exodoncia de cada una de las raíces independientes conservando íntegras las paredes óseas alveolares (Figura 20 (a y b) y 21).

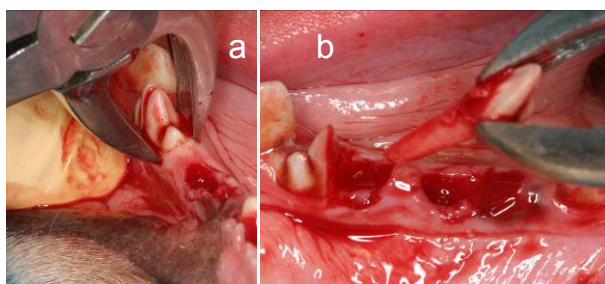


Figura 20 a y b: exodoncia con forceps.



Figura 21: 3º y 4º premolar.

A continuación se procedió a la preparación del lecho receptor de los implantes y su posterior colocación (Figura 22):

Los implantes inmediatos se colocaron en los alvéolos de las raíces distales del tercer y cuarto premolar de ambos cuadrantes, colocando cuatro implantes en cada perro, veinticuatro en total. En los alvéolos mesiales post-extracción del tercer y cuarto premolar de ambos cuadrantes no se colocaron implantes.

El procedimiento quirúrgico para la elaboración del lecho receptor de los implantes se desarrolló de acuerdo al procedimiento estándar del sistema de implantes dentales Straumann® (Straumann, Waldenburg, Suiza) y consistió en la utilización secuencial de fresas quirúrgicas específicas de dicho sistema utilizando el motor de implantes Intraburg® 300 (Kavo, Biberach, Alemania) con control de torque, luz en la pieza de mano, irrigación continua con suero fisiológico estéril y a 800 r.p.m.:

- Se inició el fresado de los implantes con la bola de 1.4mm de la caja de cirugía Straumann® marcando la posición de inicio de fresado. Como se trata de un implante inmediato se apoya la fresa en la pared lingual por ser la más gruesa.
- Posteriormente y siguiendo las indicaciones del fabricante, se precedió al fresado vertical buscando la longitud de trabajo con mucho control y apoyándonos en la pared lingual suavemente con

la fresa piloto de 2,2mm calibrada con una secuencia de 6, 8, 10, 12, 14 y 16mm. Como para el caso vamos a utilizar (de acuerdo a la radiografía previa) un implante de 3.3X8mm de longitud, fresamos hasta la marca de 8mm y se comprobó con el verificador de dirección que la profundidad de inserción era la correcta.

- A continuación ampliamos nuestro lecho implantario con la fresa de 2.8mm hasta la longitud de 8mm. Como se trata de implantes inmediatos no pasaremos terrajas y a través del transportador de implantes y con motor se procede a la colocación del implante dejando el implante con la línea de SLA a ras de la cresta ósea.
- A continuación se colocaron en los implantes los tornillos de cicatrización para permitir una cicatrización no sumergida (Cochran y cols. 2000) en el grupo sin carga inmediata y en espera de la prótesis inmediata para el grupo con carga.

Para la conformación del lecho implantario se tuvieron en cuenta una serie de factores recomendados por el fabricante y que ayudan a reducir el trauma sobre el tejido óseo tal como se describe en los artículos de Buser y cols. (2000) y Buser y cols. (2004).

1. Abundante refrigeración externa, con solución de cloruro sódico al 0,9% prerrefrigerada (5°C).
2. Empleo de instrumentos de corte con diámetro ascendente y bien afilados.
3. El número de revoluciones del fresado óseo no superó el límite marcado por el fabricante.
4. El fresado se realizó sin ejercer excesiva presión y con movimientos de perforación intermitente.

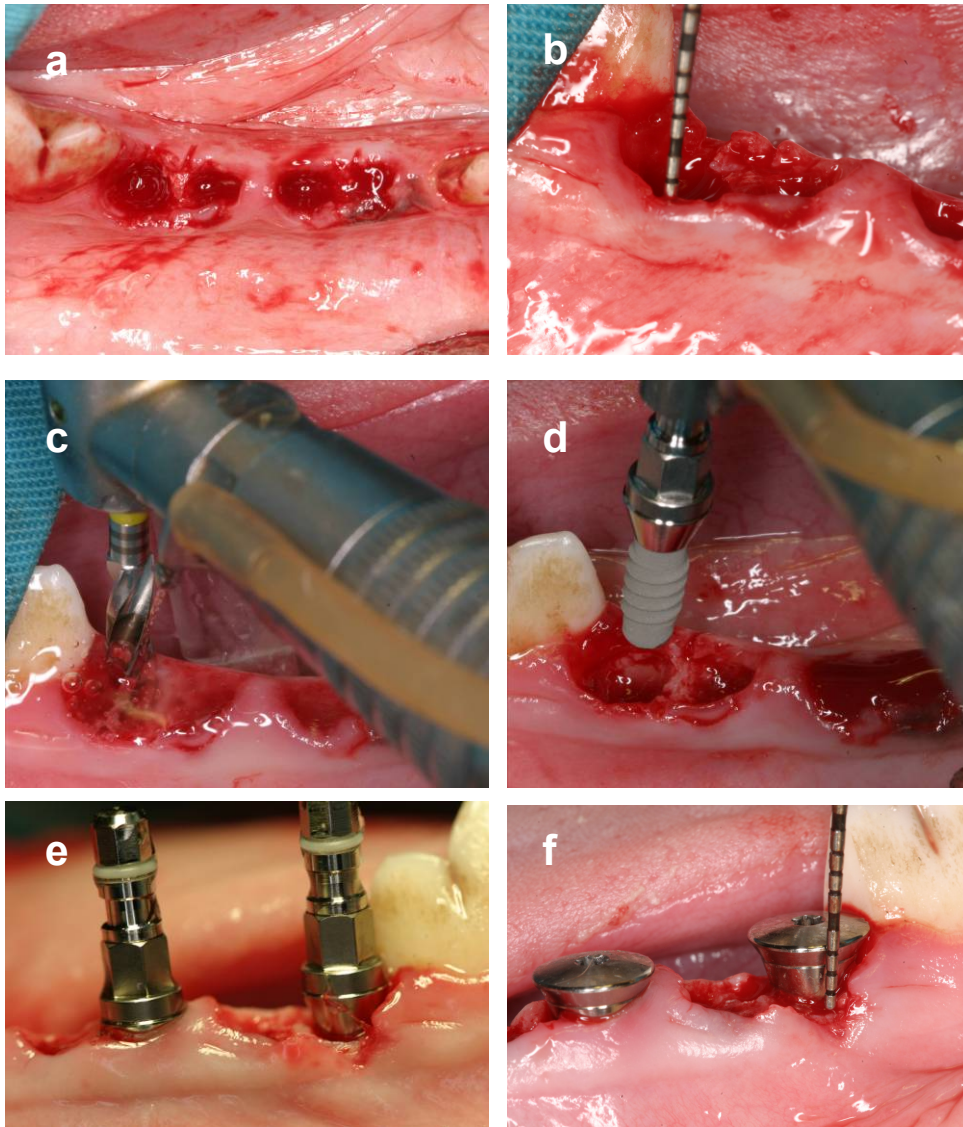


Figura 22: Imágenes clínicas que describen la colocación de los implantes:

- (a) Imagen inmediata a la exodoncia de las raíces de ambos premolares.
- (b) Imagen clínica de la medición de la altura de la mucosa con sonda milimetrada.
- (c) Imagen del fresado del lecho implantario inmediato.
- (d) Imagen en el momento de la inserción del implante en la raíz distal del 4º premolar.
- (e) Imagen tras la colocación de ambos implantes en los correspondientes alvéolos.
- (f) Imagen de ambos implantes con los tornillos de cicatrización.

7.2.3. Fase de prótesis (Figura 23):

Tras la cirugía, en el grupo con carga inmediata se procedió al ajuste y colocación de las prótesis inmediatas, sobre los implantes planificados, en un quirófano paralelo. Todas las prótesis fueron colocadas y ajustadas por el mismo operador.

Una vez colocados los implantes se fijan los pilares de provisionales previamente preparados con el destornillador a mano, sin dinamómetro y se aísla el campo con dique de goma.

Se comprueba el ajuste del puente de acrílico previamente preparado y se aplica un bonding de unión de resina Vitacoll® (VITA, Zahnfabrik, Alemania) y se fijan los pilares provisionales al acrílico con acrílico autopolimerizable KDM® (Especialidades dentales Kalma, Madrid, España).

Finalmente se comprueba y ajusta la oclusión con papel de articular de 50 micras y se cierran los agujeros de las chimeneas transoclusales con un tapón de silicona auto Zetalabor® (THERMARK, Badia Polesine (RO), Italia)

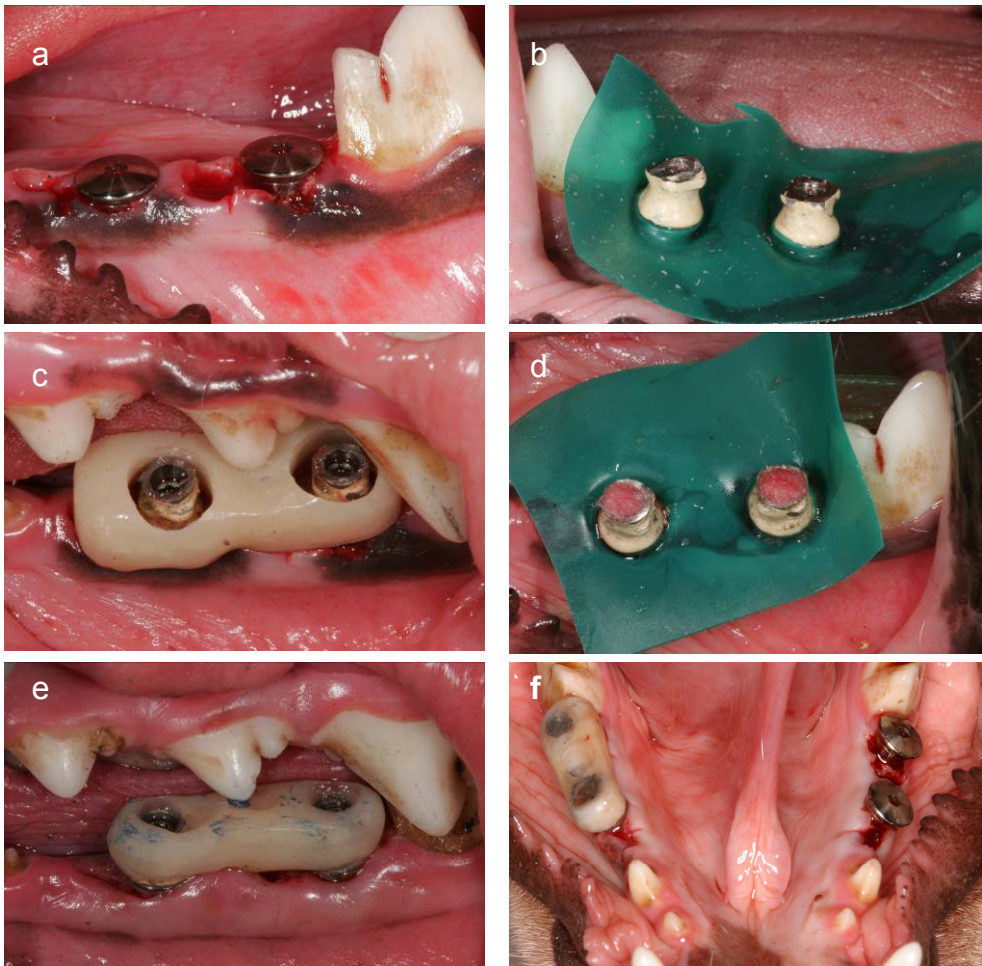


Figura 23: Imágenes clínicas que describen la colocación de la prótesis inmediata:

- (a) Imagen de ambos implantes con los tornillos de cicatrización.
- (b) Imagen de ambos implantes con los casquillos provisionales y aislamiento mediante dique de goma.
- (c) Prueba de la prótesis prefabricada en el laboratorio.
- (d) Protección de las chimeneas de los casquillos provisionales para la unión mediante resina autopolimerizable.
- (e) Pulido y ajuste oclusal
- (f) Imagen de la boca partida: con y sin carga inmediata.

7.2.4. Registros clínicos en el día 0

Previamente al procedimiento quirúrgico se realizaba una radiografía intraoral periapical digital a través del sistema de radiovisiografía por cable de Trophy® (RVG Trophy, Madrid, España) lo más paralelamente posible. Para la toma del registro radiográfico se utilizó un equipo de radiografía intraoral Trophy CCX Digital® (Trophy, Madrid, España) de cono largo. Los parámetros y valores que se seleccionaron en el equipo para realizar las radiografías fueron: t/s 0.08; diente 71/72; f2.

A través de su estudio en la pantalla de un ordenador portátil se observaba la morfología y longitud radicular, así como la posición del nervio dentario inferior y su salida de la mandíbula a través del foramen mentoniano para permitir la correcta posición de los implantes y evitar dañar estas estructuras anatómicas (figura 24).

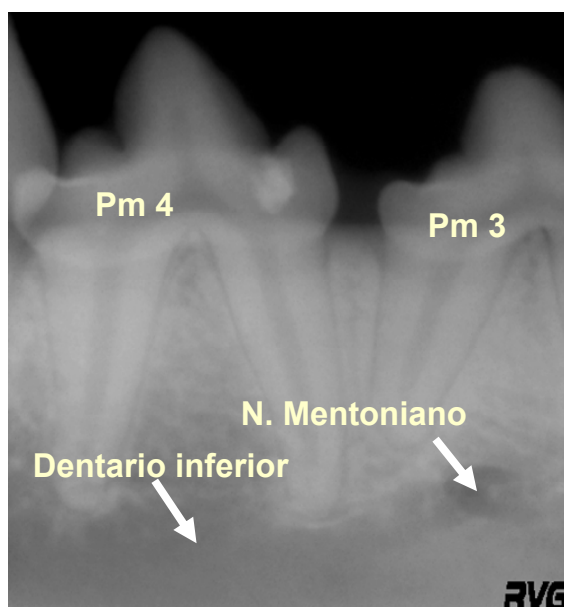


Figura 24: Imagen radiográfica obtenida mediante radiovisiografía del área experimental.

Tras la exodoncia se valoraron los siguientes parámetros clínicos:

1. El diámetro mesio-distal y buco-lingual se midió con una sonda milimetrada Hu-Friedy® (Hu-Friedy, Chicago, IL USA) de cada uno de los alvéolos post-extracción (Figura 25).

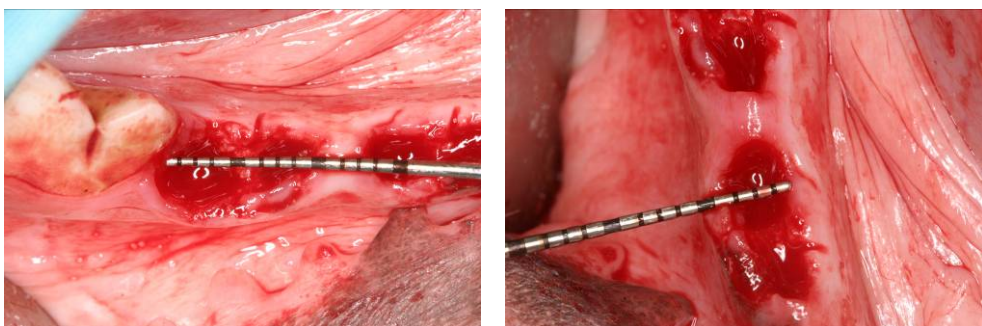


Figura 25: Imágenes clínicas tras la exodoncia de ambos premolares en el grupo sin colgajo en el momento de la medición con sonda milimetrada del diámetro de los alvéolos post-extracción.

2. La altura de la mucosa en bucal y en lingual de cada uno de los alvéolos después de la exodoncia de los premolares y previo a la colocación de los implantes se midió con la misma sonda milimetrada Hu-Friedy® (Hu-Friedy, Chicago, IL, USA). Esta medida permitía conocer la distancia que había desde el margen gingival a la cresta ósea (Figura 26).

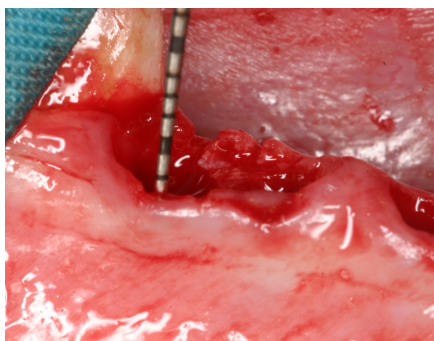


Figura 26: Imagen clínica tras la exodoncia de los premolares en el momento de la medición con sonda milimetrada de la altura de la mucosa.

Tras la colocación de los implantes se procedía a realizar una radiografía posoperatoria de la zona intervenida con técnica paralela y las mismas condiciones técnicas descritas en la radiografía preoperatoria. Esta radiografía permite examinar la posición y la dirección de los implantes colocados y su relación con las raíces de los dientes adyacente, así como su relación con el nervio dentario inferior y mentoniano (Buser y cols. 2004) (Figura 27).

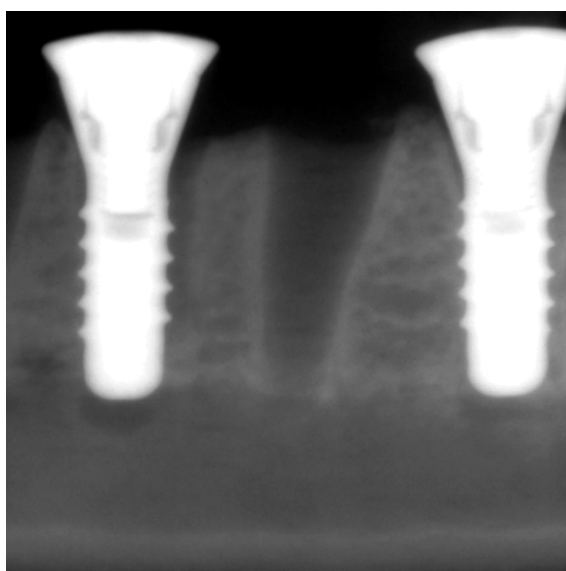


Figura 27: Imagen radiográfica posoperatoria donde se observa la colocación de los implantes en los alvéolos distales de ambos premolares, así como los alvéolos mesiales desdentados de dichos premolares.

Tras la colocación de los implantes, los registros clínicos fueron los siguientes:

1. La distancia desde el hombro del implante al margen de la mucosa periimplantaria (DIM), en el punto medio de la superficie vestibular y lingual de cada implante con una sonda milimetrada Hu-Friedy® (Hu-Friedy, Chicago, IL, USA) (Figura 28).

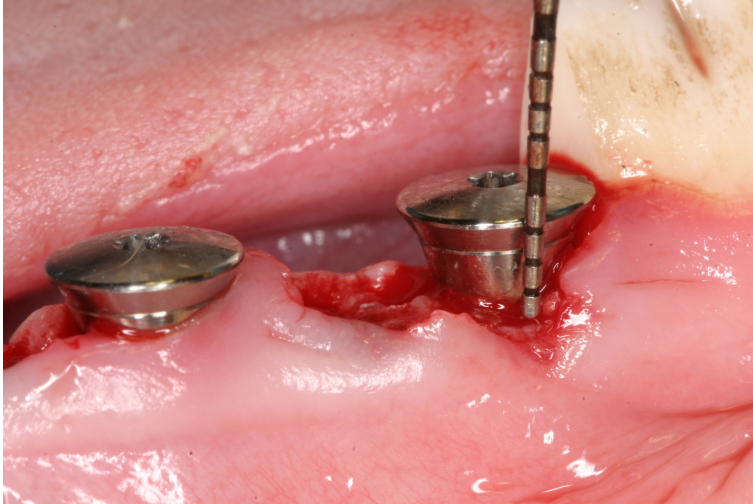


Figura 28: Imagen clínica de la medición del DIM.

1. Registro clínico del torque de inserción de los implantes medido directamente por el motor utilizado para el fresado de los implantes Intrasurg® 300 (Kavo, Biberach, Alemania) (Figura 29).



Figura 29: Imagen del motor Intracurg® 300 (Kavo, Biberach, Alemania) utilizado para la colocación de los implantes y que posee registro del torque de inserción.

2. Asimismo, se procedía a la toma de registros de la frecuencia de resonancia de los implantes antes de la colocación de las tapas de cicatrización o de la prótesis inmediata correspondiente mediante el Osstell Mentor® (Integration Diagnostics, Gotemburgo, Suecia) de acuerdo con el procedimiento recomendado por el fabricante (Figura 30):
 - a. Seleccionar el Smartpeg del implante.
 - b. Colocar Smartpeg sobre el implante.
 - c. Atornillar al implante a 4-5 Ncm manualmente
 - d. Acercar la punta osstell al Smartpeg hasta que suene un “beep”.
 - e. Obtención de un valor ISQ.
 - f. Repetir la medida en otro ángulo y obtener una nueva medida (45°-90°).

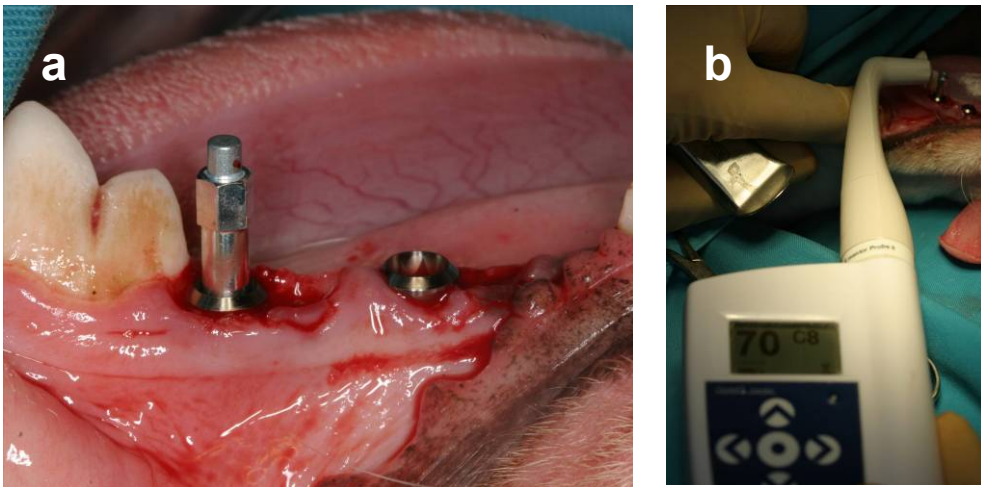


Imagen 30: Imagen clínica de la toma de registro de la frecuencia de resonancia mediante el Osstell Mentor® (Integration Diagnostics, Gotemburgo, Suecia). (a): Colocación del Smartpeg. (b): Momento de la toma del registro.

7.2.5. Cuidados posoperatorios.

Tras la cirugía, se realizó un control exhaustivo de cada uno de los perros, estableciéndose durante la primera semana una terapia antibiótica con amoxicilina (500mgr, dos veces al día) y como terapia analgésica y antiinflamatoria con meloxicam (0.1mg/kg una vez al día).

A partir de la segunda semana de cicatrización se realizó un control de placa cepillando los dientes y el implante tres veces a la semana con cepillo manual Vitis® ultrasuave, (Dentaid S.A., Barcelona, España).

El estudio se prolongó durante 3 meses (12 semanas), para poder obtener resultados óptimos de los procesos de neoformación y remodelación ósea.

7.3. Evaluación clínica a los tres meses de cicatrización.

Tras el periodo de cicatrización se procedió a la toma de registros clínicos y al posterior sacrificio de los perros.

La toma de registros se realizó en el quirófano del Hospital Clínico Veterinario "Rof Codina" de la Facultad de Veterinaria de Lugo. Para ello los perros fueron anestesiados siguiendo el procedimiento anestésico descrito para el día de la cirugía de colocación de implantes.

La toma de registros era realizada siempre por el mismo operador, que era ciego con respecto al grupo al que pertenecía cada uno de los implantes (con carga inmediata/ sin carga inmediata) porque las prótesis eran eliminadas de la boca del perro antes de estos registros.

Se tomaba una radiografía intraoral de cada uno de los grupos con las mismas condiciones técnicas que las descritas para el día de la cirugía (Figura 31). El objetivo de esta radiografía era el detectar imágenes compatibles con periimplantitis.

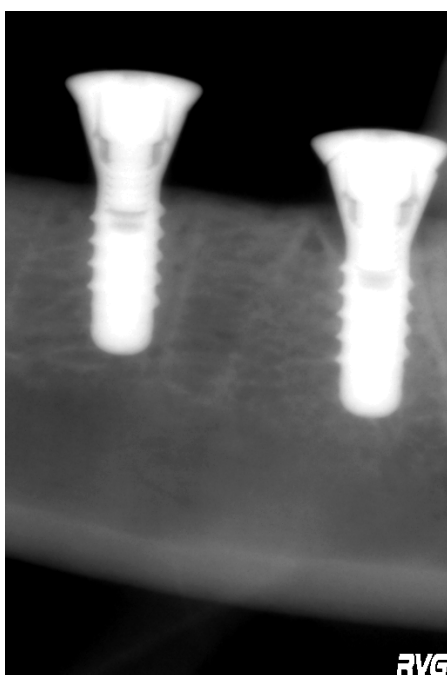


Figura 31: Imagen radiográfica posoperatoria realizada a los tres meses de cicatrización en el momento del sacrificio.

Los registros clínicos que se tomaron en ambos grupos fueron:

2. La distancia desde el margen gingival al hombro del implante (DIM) se midió con una sonda milimetrada Hu-Friedy® (Hu-Friedy, Chicago, IL, USA) en la zona media en la superficie vestibular y lingual de cada implante y se expresó en milímetros. Si el margen mucoso periimplantario era apical al hombro del implante los valores eran positivos y estos eran negativos si el margen mucoso era coronal al hombro.

3. Toma de registros de la frecuencia de resonancia de los implantes después de retirar las tapas de cicatrización o las prótesis inmediatas correspondiente mediante el Osstell Mentor® (Integration Diagnostics, Gotemburgo, Suecia) de acuerdo con el procedimiento recomendado por el fabricante como en el día de la cirugía.

8. Sacrificio de los perros.

El sacrificio de los perros se llevó a cabo por sobredosis anestésica con pentobarbital sódico intravenoso (Laboratorios Abbot, Chicago, EE.UU.) siguiendo los protocolos detallados en los manuales de manejo y sacrificio de los animales de laboratorio (Gómez de S.I. & Tendillo 2001).

Posteriormente se procedió a la disección de las mandíbulas en bloque y una vez extraídas, se seccionaron a lo largo de su línea media obteniendo dos hemimandíbulas por cada perro que se introducían en formol al 10% para su fijación.

9. Preparación histológica de las muestras.

La preparación histológica de las muestras se realizó en el laboratorio del Hospital Clínico Veterinario "Rof Codina" de La Facultad de Veterinaria de Lugo de La Universidad de Santiago de Compostela.

Las muestras fueron procesadas para su estudio utilizando las técnicas de inclusión en metacrilato descritas por Donath y cols. 1993, realizando los pasos que siguen:

9.1.- Fijación.

La fijación de las muestras se realizó mediante su inmersión en formol al 10% durante un período de dos semanas.

Debido al gran tamaño de las hemimandíbulas se seccionaron en bloques más pequeños con ayuda de una sierra de banda (Exakt 300 System, Aparatebau GMBH, Hamburgo, Alemania). Para ello se realizó una radiografía de cada hemimandíbula en la que se marcaron unas líneas de referencia para realizar los cortes. Las líneas se marcaron por mesial y distal del segundo premolar, por distal del implante del tercer premolar y por distal del implante del cuarto premolar.

Los bloques óseos obtenidos fueron identificados con cuatro dígitos:

- 1) El primer dígito indica a qué perro pertenece el bloque óseo y puede ser 1, 2, 3, 4, 5 ó 6.
- 2) El segundo dígito indica a qué lado de la mandíbula pertenece el bloque, L si al lado izquierdo y R si al derecho.
- 3) El tercer dígito indica qué premolar estaba presente en el bloque óseo y puede ser 3 ó 4, según se refiere al tercer o al cuarto premolar.
- 4) El cuarto dígito indica la localización, 1 si es mesial y 2 si es distal.

Estos bloques permanecieron en formol al 10% hasta completar el proceso de fijación (Figura 32).



Figura 32: Imagen de bloques óseos identificados en formol.

9.2.- Deshidratación.

La deshidratación se realizó mediante pases sucesivos de los bloques óseos por alcoholes de distinta concentración bajo agitación constante, como se indica a continuación (Figura 33):

- 1) 70 % alcohol durante tres días
- 2) 80 % alcohol durante tres días
- 3) 96 % alcohol durante tres días
- 4) 100% alcohol durante tres días



Figura 33: Batería de alcoholes bajo agitación constante.

9.3.- Infiltración plástica.

La infiltración plástica se hizo mezclando glicometacrilato (Technovit 7200®, VLCHeraus Kulzer GMBH, Werheim, Alemania) y peróxido de benzoilo (BPO®: Heraus Kulzer GMBH, Werheim, Alemania) al 1 % con alcohol etílico a distintas concentraciones, finalizando con dos infiltraciones de glicometacrilato puro, bajo agitación constante mediante el sistema de deshidratación e infiltración (Exakt 510-Dehydration & Infiltration system, Aparatbau GMBH, Hamburgo, Alemania) según el siguiente procedimiento:

- Technovit 7200® + BPO: alcohol (30:70) durante tres días.
- Technovit 7200® + BPO: alcohol (50:50) durante tres días.
- Technovit 7200® + BPO: alcohol (70:30) durante tres días.
- Technovit 7200® (100) durante tres días.
- Technovit 7200® (100) durante tres días en vacío.

9.4.- Inclusión y polimerización.

Para llevar a cabo la inclusión se introdujeron las muestras de tejido en unos moldes de polietileno que, posteriormente, se rellenaron con resina (Technovit 7200®, VLCHeraus Kulzer GMBH, Werheim, Alemania) bajo el efecto del vacío en la unidad de reinfiltración (Exakt 530-Re-infiltration Unit®, Aparatbau GMBH, Hamburgo, Alemania) (Figura 34).

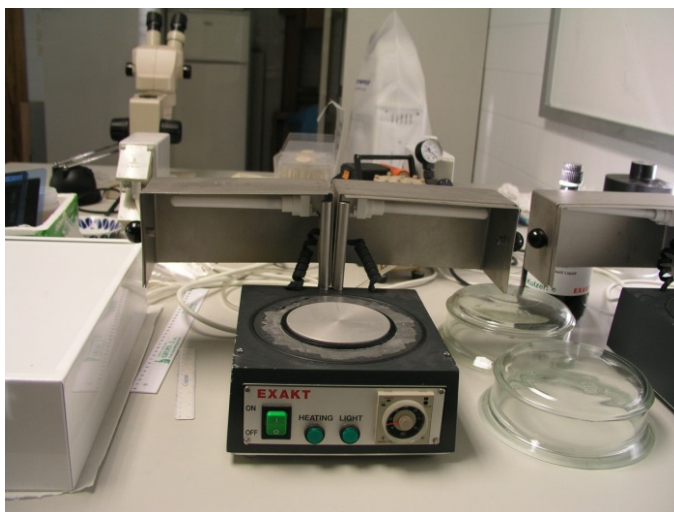


Figura 34: Imagen de la unidad de reinfiltración Exakt 530.

La polimerización tuvo lugar en la unidad de polimerización por luz (Exakt 520 Light Polymerisation Unit® Aparatbau GMBH, Hamburgo, Alemania) y se desarrolló en tres pasos (Figura 35):

- 1) En primer lugar se usó una luz de baja intensidad y se mantuvieron los moldes a una temperatura por debajo de 40° C para que la resina se polimerizase extensamente. Este paso tuvo una duración de cuatro horas.
- 2) En segundo lugar se usó una luz azul de gran intensidad de forma que el metacrilato que había sido incluido dentro del tejido también resultase completamente polimerizado. Este paso tuvo una duración de aproximadamente doce horas.
- 3) Por último los moldes permanecieron en la estufa durante veinticuatro horas para que el peróxido de benzoilo terminase su proceso de polimerización.

Terminada la polimerización se extrajo el bloque del molde y se le realizó una radiografía en la que se marcaron unas líneas de referencia para realizar cortes preliminares que aproximaron el área de interés hacia la superficie del bloque. Los cortes se realizaron con una sierra de banda (Exakt 300. System, Aparatebau GMBH, Hamburgo, Alemania), a baja velocidad e irrigando para evitar el sobrecalentamiento de la muestra y el deterioro de los tejidos.



Figura 35: Imagen de la Exakt 520 para polimerización.

9.5.- Preparación del bloque para obtener una superficie paralela.

A continuación, para preservar el paralelismo de los cortes a realizar, los bloques se montaron en una lámina acrílica con ayuda de una resina autopolimerizable (Technovit 4000®, Heraus Kulzer GMBH, Werheim, Alemania) mediante el empleo de una prensa de pegado y una bomba de vacío (Exakt 401®-Vacuum Adhesive Press, Aparatebau GMBH, Hamburgo, Alemania) (Figura 36), que sujetaba el porta o lámina acrílica a la parte superior de la prensa.



Figura 36: Exakt 401 Vacuum Adhesive Press.

La resina se extendió por la parte de atrás del bloque, de manera que la parte a examinar contactara con la parte de debajo de la prensa de pegado.

Cuando la polimerización de la resina finalizó el bloque estuvo listo para ser pulido (Figura 37).

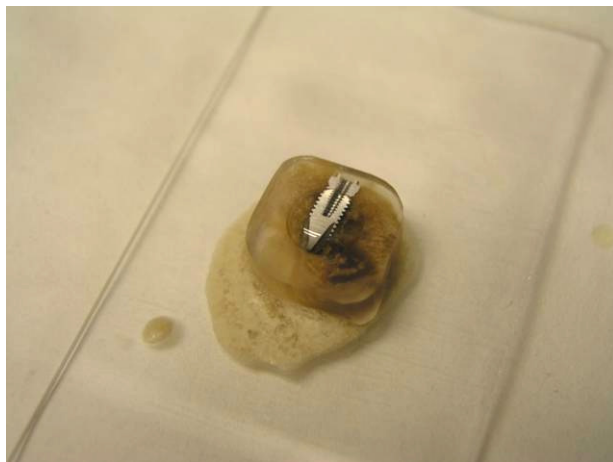


Figura 37: Imagen de un bloque unido con resina a la lámina acrílica.

9.6.- Preparación de la superficie de interés.

El siguiente paso fue el pulido de la muestra por la superficie de interés con la ayuda de papeles abrasivos del número 1200. Este proceso finalizó cuando todos los segmentos de tejido a estudiar estuvieron expuestos en la superficie.

A continuación, para eliminar las posibles burbujas se procedió a la reinfiltración con resina y su posterior polimerización en la unidad de reinfiltración (Exakt 530-Re-Infiltration Unit, Aparatebau GMBH, Hamburgo, Alemania) (Figura 34 y 35).

Tras realizar esta práctica, con ayuda de la prensa de fotopegado (Exakt 402-Adhesive Presses, Aparatebau GMBH, Hamburgo, Alemania) y una resina específica (Technovit® 7210. Heraus Kulzer GMBH, Werheim, Alemania) la cara a estudiar se pegó en el porta definitivo (Figura 38).

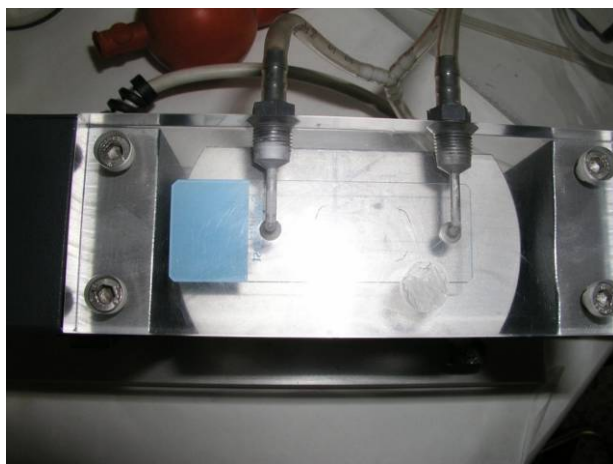


Figura 38: Imagen de la prensa de fotopegado Exakt 402.

Posteriormente utilizando una sierra de banda (Exakt 300 System, Aparatebau GMBH, Hamburg, Alemania) y un portamuestra de vacío, se

realizó un corte preliminar obteniendo una sección fina de 200 micras aproximadamente que fue sometida a un microdesgaste (Exakt 400 CS-Micro Grinding System®, Aparatebau GMBH, Hamburgo, Alemania) y pulimento con papeles de carburo de silicio de 1200 y 4000 (Figuras 39 y 40).



Figura 39: Imagen de la sierra de banda Exakt 300.



Figura 40: Imagen de la micropulidora Exakt 400.

El resultado final fueron secciones en dirección buco-lingual de aproximadamente 30 micras de espesor (Figura 41).

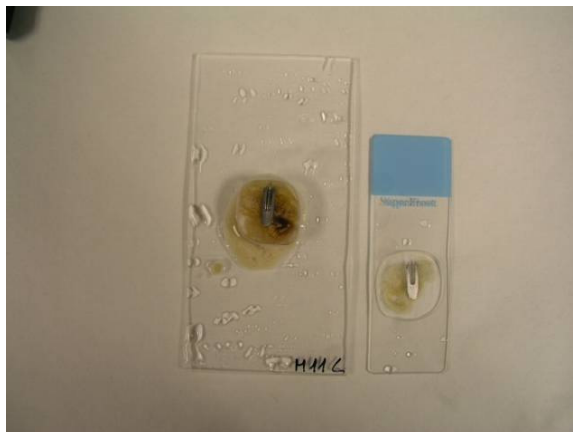


Figura 41: Imagen de la muestra final.

9.7.- Tinción

Cada uno de los cortes histológicos fue teñido con el método de Lévai-Laczkó y cols. 1975, cuyos pasos son los siguientes (Figura 42):

- 1) Sumergimos las muestras en peróxido de hidrógeno al 30% durante cinco minutos con agitación constante.
- 2) Lavado con agua corriente dos veces.
- 3) Descalcificación de la superficie con ácido acético durante un minuto.
- 4) Lavado con agua corriente dos veces.
- 5) Sumergimos las muestras en la Solución A (una parte de Azur II con una parte de azul de metileno y dos partes de Na_2CO_3 (1%)) durante 20 minutos.
- 6) Lavado con agua corriente dos veces.
- 7) Sumergimiento en "Pararosanilina" durante cinco segundos. Los cortes se deben sumergir individualmente en esta tinción.
- 8) Lavado con agua corriente y secado.



Figura 42: Imagen de los diferentes productos utilizados para la tinción de las muestras definitivas.

10. Análisis histomorfométrico de las muestras:

Las muestras fueron procesadas con un equipo de digitalización de imágenes Olympus® DP12 que estuvo acoplado al microscopio óptico Olympus® CH30 y al estereomicroscopio Olympus SZX9 (óptica Olympus DF PLAPO Ix-2) (Figura 43).



Figura 43: Imagen del equipo de digitalización de imágenes Olympus® DP12 que estuvo acoplado al microscopio óptico Olympus® CH30 y al estereomicroscopio Olympus SZX9 (óptica Olympus DF PLAPO Ix-2).

Sobre las imágenes digitalizadas de las muestras histológicas, con el software Olympus Microimage® versión 4.0 para Windows, se identificaron los puntos de interés y se realizaron las mediciones a estudiar directamente sobre el monitor del ordenador.

El investigador que realizó las mediciones era ciego con respecto al grupo que pertenecía cada muestra.

- Porcentaje de contacto entre el hueso y la superficie SLA del implante (BIC) (Figura 43):

El porcentaje de contacto hueso-implante se calculó sobre las imágenes histológicas de los implantes a 4 aumentos de microscopio óptico Olympus® CH3O, haciendo un barrido de la superficie del implante y, con ayuda del programa Microimage 4.0 para Windows, se iban marcando y midiendo segmentos de dicha superficie que se agrupaban según contactasen directamente con tejido óseo o bien lo hiciesen con tejido conectivo, obteniendo así la longitud de la superficie SLA del implante en contacto con tejido óseo y la que lo hacía con tejido conectivo. La longitud total de la superficie SLA del implante se calculaba sumando la longitud del total de los segmentos óseos y conectivos. Para calcular el porcentaje de contacto entre el hueso y el implante se dividió la longitud de la superficie SLA del implante rodeada de hueso entre la longitud total de la superficie del implante y el valor resultante se multiplicó por cien, obteniéndose así el valor del porcentaje de contacto entre el hueso y la superficie SLA del implante (BIC) que es un dato que indica el grado de integración del implante con el hueso que lo rodea.

- Área ósea trabecular entre espiras y en una zona de 300µm alrededor del implante (BDA) (Figura 43):

Tanto el área de densidad ósea entre espiras como el área de densidad ósea periimplantaria se calculó sobre las imágenes histológicas de los implantes a 4 aumentos de microscopio óptico Olympus® CH30. Para ello se hacía un barrido de la superficie del implante y del área periimplantaria y, con ayuda del programa Microimage 4.0 para Windows, se iban marcando las trabéculas de hueso que se encontraban tanto entre las espiras del implante (desde la más coronal hasta la más apical) como en un área de 0,3mm alrededor del implante. Así el área de densidad ósea entre espiras era calculada como el cociente entre el área de hueso existente entre espiras y el área total existente entre espiras multiplicado a su vez por 100. Asimismo, se calculaba el área ósea en un perímetro de 300µm alrededor del implante y por fuera de las espiras a través del cociente formado por el área de hueso existente en la mencionada área y el área total de la misma multiplicada igualmente por 100, calculada igualmente desde la primera espira hasta la última.

- Porcentaje de fibras de colágeno de orientación transversa a la superficie del implante entre espiras y en un área de 300µm alrededor del implante (TCP) (Figura 44 y 45):

El porcentaje de fibras de colágeno de orientación transversa a la superficie del implante se calculó a partir de imágenes histológicas capturadas con el objetivo x2 en un microscopio Olympus BX-51 al que se acopló un analizador y un polarizador para obtener luz polarizada linealmente. Como el colágeno es un material anisotrópico, cuando sus fibras están alineadas de forma transversa a la dirección de la propagación de la luz producen un brillo de la luz. Las que están orientadas en otras direcciones dan valores intermedios de brillo.

Todas las imágenes se obtuvieron con la misma intensidad de luz en el microscopio y ajuste de luz manual del software de la cámara digital (DP71, Olympus) en formato TIF. También se esperaron 30 minutos a su captura para que el filamento de la lámpara de iluminación tuviera una temperatura constante. Las muestras tenían un grosor constante de aproximadamente 80 micras.

Con el programa Adobe photoshop CS3 extended versión 10.0.1 se modificó el color del implante para evitar que el programa de análisis de imagen lo contabilizara como color negro. Esto se hizo con la herramienta Selección rápida. Una vez hecho se utilizó la herramienta de rellenar usando 50% gris en fusión normal y una opacidad del 100%.

Después las imágenes fueron analizadas utilizando el software MicroImage versión 4.0 (Media Cybernetics, Bethesda, Maryland). Para ello se creó un área de interés de 4 x 0.3 mm de forma rectangular. Esta área nos sirvió para situarla en la zona entre espiras y en la zona periimplantaria.

Medición entre las espiras del implante:

Determinación de la superficie ocupada por el implante. Para ello se creó una imagen del área de interés y se seleccionó el color gris como referencia. El programa calculó la superficie ocupada por este color.

Posteriormente, se procedió al cálculo del área ocupada por fibras de colágeno alineadas de forma transversa. Para que la medición fuera siempre la misma se seleccionó la herramienta de detección automática de objetos oscuros (superficie no ocupada por colágeno transverso).

El cálculo de la superficie del área de interés se efectuó en relación al tamaño total del rectángulo (4 x 0.3mm) y se multiplicó por 100 para establecer un porcentaje.

Posteriormente, medimos lo mismo en la región periimplantaria con la misma metodología aunque ya sin la necesidad de eliminar el área ocupada por el implante.

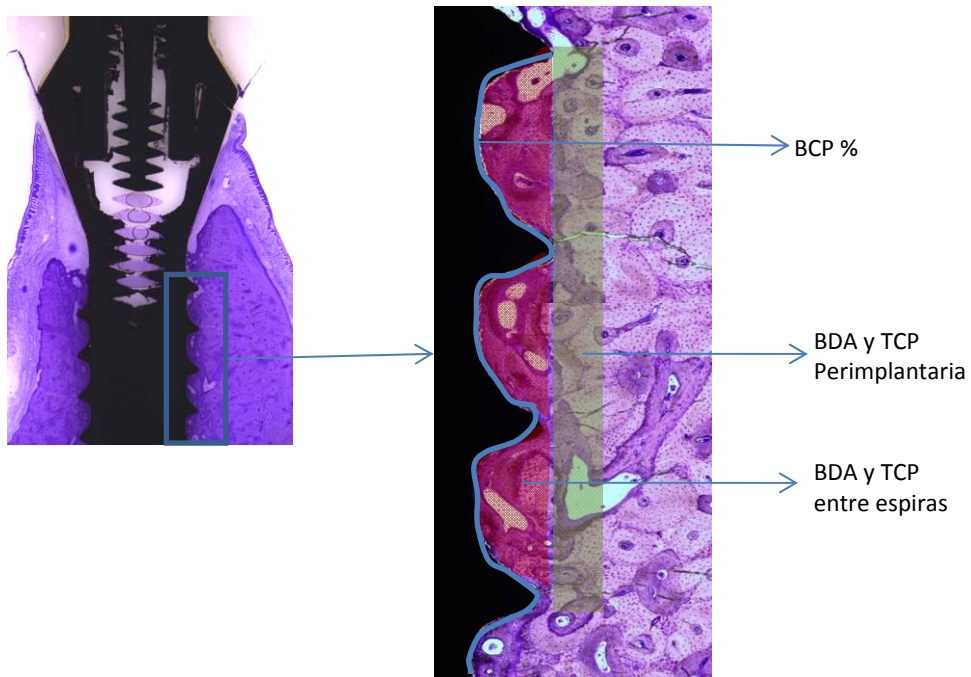


Figura 44: Imagen representativa de las mediciones histomorfométricas realizadas en el estudio. BDA: área ósea trabecular. TCP: porcentaje de fibras de colágeno de orientación transversa.

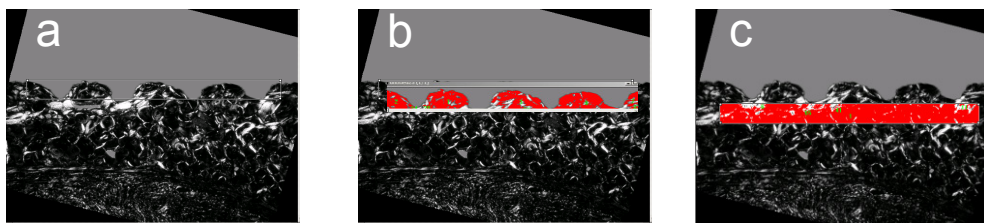


Figura 45: Imágenes representativas de las mediciones realizadas mediante luz polarizada: (a) imagen de la zona de estudio; (b) imagen de la medición del área entre espiras en un área de estudio rectangular de 4 x 0.3mm y (c) imagen de la medición utilizando la misma área, pero en la zona periimplantaria.

11. Análisis estadístico:

El análisis estadístico de los datos se realizó con ayuda del programa estadístico SPSS 14.0 para Windows. (SPSS, Inc. Chicago, USA).

La estadística descriptiva era realizada para cada una de las variables y grupos (valores medios y desviación estandar).

Se consideró el perro como la unidad estadística ($n=6$), por lo que para obtener los datos correspondientes a cada tipo de tratamiento se realizó en primer lugar para cada variable el cálculo de la media de los valores obtenidos en los premolares 3 y 4 de cada lado por perro.

Al presentar las variables numéricas analizadas una distribución normal (Test de Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk), se utilizó la t de Student para datos pareados para estudiar si había o no diferencias estadísticamente significativas entre las dos variables numéricas (con y sin carga inmediata).

Se consideró que los valores de $p<0,05$ eran estadísticamente significativos.

IV. RESULTADOS

1. Resultados clínicos en el día 0.

Se colocaron 24 implantes de manera inmediata en los alvéolos distales post-extracción de los premolares 3 y 4. 12 eran sometidos a carga inmediata y los otros 12 restantes se dejaban libres de carga, permaneciendo durante todo el estudio no sumergidos.

1.1. Diámetro medio mesio-distal y buco-lingual de los alvéolos post-extracción.

El diámetro medio mesio-distal de los alvéolos post-extracción del premolar 3 fue de 3,70 (DS 0,57) milímetros y el de los del premolar 4 de 4,18 (DS 0,75) milímetros y el buco-lingual de 3,08 (DS 0,29) milímetros y 3,98 (DS 0,66) milímetros respectivamente. Los datos medios de dichos diámetros para las raíces mesial y distal de ambos premolares se exponen en la tabla 1.

	Pm 3	Pm 3	Pm 4	Pm 4
	Raíz mesial	Raíz Distal	Raíz mesial	Raíz Distal
Dm medio M-D	3,40 (0,52)	4 (0,47)	3,60 (0,52)	4,75 (0,42)
Dm medio B-L	2,95 (0,16)	3,20 (0,35)	3,50 (0,41)	4,45 (0,50)

Tabla 1: Resultados medios (desviación estándar) en milímetros de los diámetros mesio-distal (M-D) y buco-lingual (B-L) de los alvéolos post-extracción del premolar 3 y del premolar 4.

1.2. Altura de la mucosa media en los alvéolos post-extracción

El valor medio de la altura de la mucosa en los alvéolos distales de los premolares 3 y 4 fue de 2,75 (DS 0,40) milímetros en bucal y de 2,50 (DS 0,50) milímetros en lingual

1.3. Distancia media desde el hombro del implante al margen de la mucosa periimplantaria (DIM).

La DIM media el día de la colocación de los implantes inmediatos en el grupo sin carga fue de 0,25 (DS 0,27) mm en el punto medio de la superficie bucal y de 0 (DS 0) mm en el correspondiente lingual y en el grupo con carga fue de 05 (DS 0,57) mm en el punto medio de la superficie bucal y de 0,08 (DS 0,2) mm en el correspondiente lingual.

El valor positivo de los resultados significa que el margen de la mucosa periimplantaria se encontró apical al hombro del implante (Tabla 2).

PERRO		DIM SIN BUCAL	DIM SIN LINGUAL	DIM CON BUCAL	DIM CON LINGUAL
1	Media	0,50	0,00	0,50	0,50
2	Media	0,50	0,00	0,25	0,00
3	Media	0,00	0,00	0,00	0,00
4	Media	0,00	0,00	0,75	0,00
5	Media	0,50	0,00	1,50	0,00
6	Media	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	Media	0,25	0,00	0,50	0,08
	n	6	6	6	6
	D.S.	0,27	0,00	0,57	0,20

Tabla 2: Resultado medio en milímetros de la DIM total y en cada perro, en bucal y lingual, en el grupo SIN carga y CON carga el día de la colocación de los implantes inmediatos. DIM: Distancia del hombro del implante al margen de la mucosa periimplantaria; n: tamaño de la muestra; D.S.: desviación estándar.

1.4. Medición del torque de inserción.

El valor medio del torque de inserción en el grupo sin carga inmediata fue de 19.58 (DS 5.15) Newtons y en el grupo con carga en la superficie bucal fue de 20 (DS 4.44) Newtons (Tabla 3), no siendo la diferencia entre ambos grupos estadísticamente significativa.

PERRO		TORQUE SIN DIA 0	TORQUE CON DIA 0
1	Media	25,00	18,00
2	Media	23,00	28,50
3	Media	23,50	19,00
4	Media	17,50	20,00
5	Media	17,00	19,00
6	Media	11,50	15,50
TOTAL	Media	19,58	20,00
	n	6	6
	D.S.	5,15	4,44

Tabla 3: Resultado medio en Newtons del torque de inserción registrado mediante el propio motor de colocación de los implantes Kavo 3000 Intrasurg®, en el grupo SIN carga inmediata y CON con carga inmediata a los tres meses de cicatrización.

1.5. Análisis de frecuencia de resonancia:

Valores de la frecuencia de resonancia (FRA).

El valor medio de la FRA expresado en valores ISQ en el grupo sin carga inmediata fue de 67.08 (DS 4,99) y en el grupo con carga fue de 69.42 (DS 3,18) (Tabla 4), no siendo la diferencia entre ambos grupos estadísticamente significativa.

PERRO		OSTELL SIN DIA 0	OSTELL CON DIA 0
1	Media	64,50	72,50
2	Media	67,00	72,00
3	Media	70,50	70,50
4	Media	72,00	64,00
5	Media	70,00	67,50
6	Media	58,50	70,00
TOTAL	Media	67,08	69,42
	n	6	6
	D.S.	4,99	3,18

Tabla 4: Resultado medio en valores ISQ de la frecuencia de resonancia medida mediante Ostell Mentor®, en el grupo SIN carga inmediata y CON con carga inmediata a los tres meses de cicatrización.

2. Resultados clínicos a los 3 meses.

Los veinticuatro implantes (doce en el grupo de carga inmediata y doce en el grupo sin carga inmediata) cicatrizaron sin alteraciones ni complicaciones. En la exploración visual, en ambos grupos, la mucosa periimplantaria no mostró signos de inflamación. Tampoco se observaron fracturas ni movilidad en las prótesis. Por lo tanto, la supervivencia tanto de los implantes como de las prótesis fue del 100%.

Resultados de los parámetros clínicos a los tres meses en la zona de implantes:

1. Distancia media desde el hombro del implante al margen de la mucosa periimplantaria (DIM).

El valor medio de la DIM en el grupo sin carga fue de 0,5 (DS 0,35) milímetros por bucal y de 0,48 (DS 0,57) milímetros por lingual y en el grupo

con carga en la superficie bucal fue de 0,25 (DS 0,39) y de 0,13 (DS 0,31) milímetros en la superficie lingual (Tabla 5), no siendo la diferencia entre ambos grupos estadísticamente significativa tanto por bucal como por lingual.

PERRO		DIM SIN BUCAL	DIM SIN LINGUAL	DIM CON BUCAL	DIM CON LINGUAL
1	Media	1,00	0,50	0,25	0,00
2	Media	0,50	0,50	0,00	0,00
3	Media	0,25	0,25	0,00	0,00
4	Media	0,50	0,50	1,00	0,00
5	Media	0,75	1,50	0,25	0,75
6	Media	0,00	0,25	0,00	0,00
TOTAL	Media	0,50	0,58	0,25	0,13
	n	6	6	6	6
	D.S.	0,35	0,47	0,39	0,31

Tabla 5: Resultado medio en milímetros de la DIM en bucal y en lingual, en el grupo SIN carga y CON carga a los tres meses de cicatrización. DIM: Distancia del hombro del implante al margen de la mucosa periimplantaria; D.S.: Desviación estándar; n: tamaño de la muestra.

El valor positivo de los resultados significa que el margen de la mucosa periimplantaria estaba apical al hombro del implante, es decir existía retracción gingival. En ninguno de los implantes se produjo la exposición de la superficie SLA.

2. Valores de la frecuencia de resonancia (FRA):

El valor medio de la FRA expresado en valores ISQ en el grupo sin carga inmediata fue de 74,25 (DS 3.55) y en el grupo con carga fue de 73.08 (DS 3.8) (Tabla 6), no siendo la diferencia entre ambos grupos estadísticamente significativa.

PERRO		OSTELL SIN 3 MESES	OSTELL CON 3 MESES
1	Media	76,00	72,50
2	Media	69,00	78,50
3	Media	72,00	67,50
4	Media	73,00	72,50
5	Media	77,00	71,50
6	Media	78,50	76,00
TOTAL	Media	74,25	73,08
	n	6	6
	D.S.	3,55	3,80

Tabla 6: Resultado medio en valores ISQ de la frecuencia de resonancia medida mediante Ostell Mentor® (Integration Diagnostics, Gotemburgo, Suecia), en el grupo SIN carga inmediata y CON carga inmediata a los tres meses de cicatrización.

3. Resultados histológicos.

El estudio histológico reveló que la mucosa periimplantaria en bucal y en lingual de los implantes en el grupo control y experimental estaba cubierta por un epitelio oral queratinizado, que terminaba en la cresta del margen periimplantario y que se continuaba con un epitelio del surco y éste a su vez con un epitelio de unión, que se adhería al implante. Apical a esta zona epitelial se encontraba una zona de tejido conectivo rico en fibras, que aparentemente establecía un fuerte contacto con el implante ("tejido conectivo de inserción") (Figurta 46).

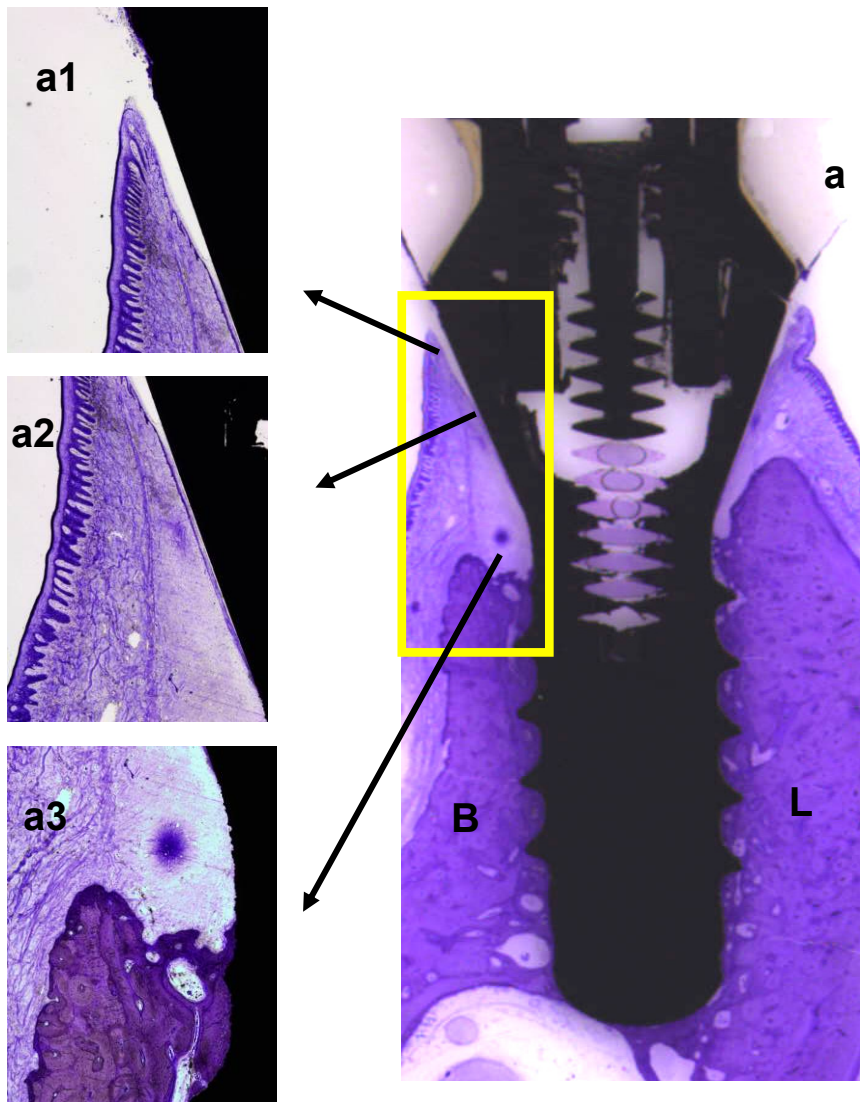


Figura 46: (a) Imagen histológica tras tres meses de cicatrización de un implante sometido a carga inmediata. En la zona delimitada podemos observar la relación de los tejidos blandos con el implante (4x. estereomicroscopio). A más aumento podemos diferenciar (16x): (a1) podemos observar el epitelio queratinizado de la mucosa periimplantaria externa y del surco periimplantario, (a2) epitelio de unión y (a3) tejido conectivo. (Tinción Levai-Laczko).

En ambos grupos, el hueso situado inmediatamente lateral a los implantes parecía menos maduro que el hueso de la parte externa y estaba separado de éste por unas marcadas líneas de separación (Figura 47). La

tinción utilizada en la preparación de las muestras (Tinción Levai-Laczkó) permite diferenciar claramente entre hueso maduro, que presenta una coloración menos intensa, y hueso inmaduro que presenta una coloración azul más marcada. El hueso inmaduro se encontró en contacto con la superficie SLA del implante.

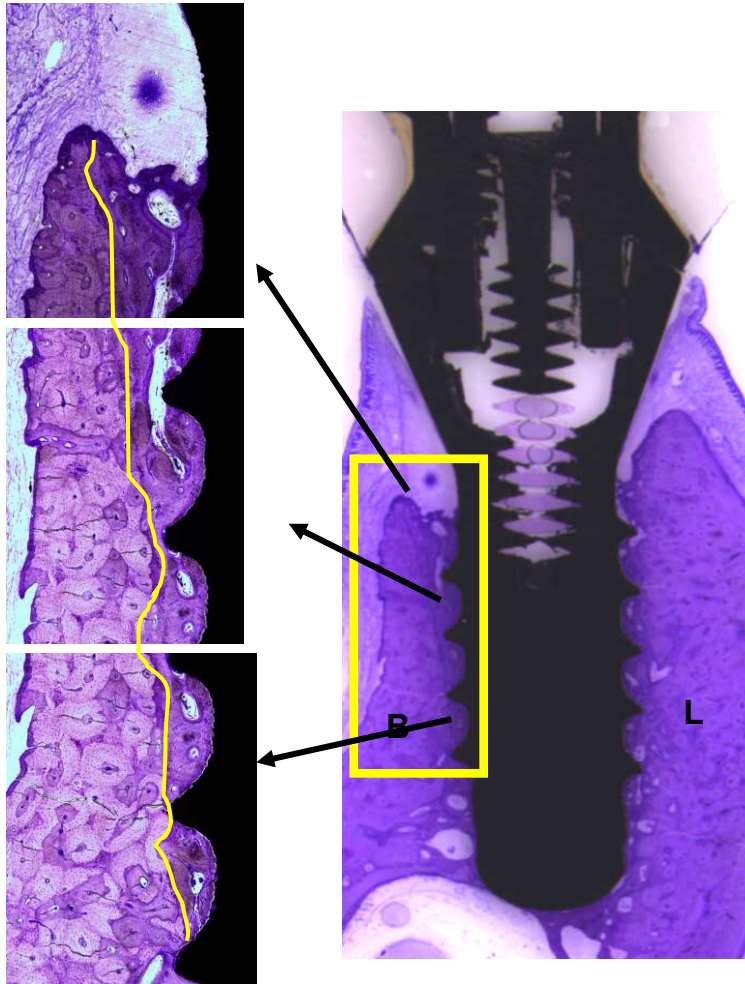


Figura 47: Imagen histológica tras tres meses de cicatrización de un implante sometido a carga inmediata. En la zona delimitada podemos observar la osteointegración del implante y la diferente coloración entre el hueso maduro (color marrón) y el hueso neoformado (color azul) (4x, estereomicroscopio). En las imágenes de la izquierda la línea amarilla marca la separación entre el hueso de nueva formación y el hueso maduro con gran densidad de osteonas secundarias (16x). (Tinción Levai-Laczkó).

En ambos grupos, el hueso maduro de los alvéolos que alojaban a los implantes estaba presente en la parte externa y central de las paredes bucal y lingual y presentaba una gran densidad de osteonas secundarias.

En ambos grupos, la tabla ósea bucal se caracterizó por ser más delgada que la correspondiente tabla lingual y la cresta ósea bucal estaba localizada en una posición más apical con respecto al hombro del implante que la correspondiente cresta lingual (Figura 48).

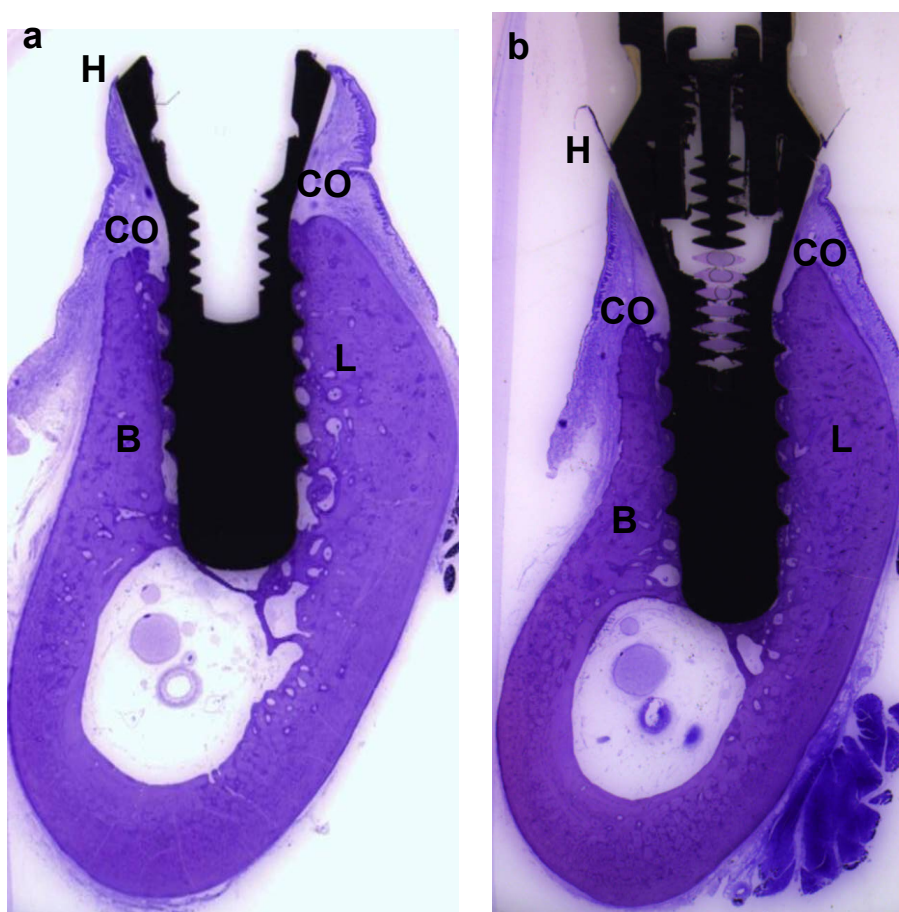


Figura 48: Sección bucolingual de dos implantes de cada uno de los grupos de estudio a los tres meses de cicatrización. (a) Grupo sin carga y (b) Grupo con carga. B: tabla ósea bucal; L: tabla ósea lingual; CO: cresta ósea; H: hombro del implante. (Tinción Levai-Laczko; 4x, estereomicroscopio)

4. Resultados histomorfométricos.

1. Porcentaje (%) de contacto hueso-implante (BIC)

El porcentaje de unión hueso-implante fue muy similar en ambos grupos, siendo la media de 81,06 % (DS 11,11) para el grupo con carga inmediata y de 76,14 % (DS 8,22) para el grupo sin carga, no existiendo diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos (Tabla 7).

PERRO		BIC(%) SIN	BIC(%) CON
1	Media	79,32	85,46
2	Media	60,1	76,5
3	Media	77,55	61,37
4	Media	83,33	81,49
5	Media	76,29	91,08
6	Media	80,23	90,48
TOTAL	Media	76,14	81,06
	n	6	6
	D.S.	8,22	11,11

Tabla 7: Resultado medio del porcentaje de contacto hueso-implante (BIC) total y en cada perro en el grupo CON y SIN carga inmediata a los tres meses de cicatrización. D.S.: desviación estándar; n: tamaño de la muestra.

2. Porcentaje del área ósea trabecular entre espiras o roscas del implante (BDA).

El valor medio del porcentaje en el grupo con carga inmediata fue de 82,05 % (DS 8,32). En el grupo sin carga inmediata los resultados fueron muy similares, 82,35 % (DS 4,73), no existiendo diferencias significativas entre grupos (Tabla 8).

PERRO	ENTRE ESPIRAS	BDA(%) SIN	BDA(%) CON
1	Media	79,39	78,5
2	Media	78,58	68,69
3	Media	91,42	81,16
4	Media	80,41	88,6
5	Media	83,37	92,56
6	Media	80,94	82,78
TOTAL	Media	82,35	82,05
	n	6	6
	D.S.	4,73	8,32

Tabla 8: Porcentaje del área de desidad ósea trabecular entre roscas o espiras del implante en el grupo CON y SIN carga inmediata, a los tres meses de cicatrización. D.S.: desviación estándar: n: tamaño de la muestra.

3. Porcentaje del área ósea trabecular peri-implantaria (BDA).

El valor medio del porcentaje en el grupo con carga inmediata fue de 94,87 % (DS 1,97). En el grupo sin carga inmediata los resultados fueron muy similares, 94,92 % (DS 2,73), no existiendo diferencias significativas entre grupos (Tabla 9).

PERRO	PERI-IMPLAN.	BDA(%) SIN	BDA(%) CON
1	Media	91,02	93,83
2	Media	93,6	92,88
3	Media	99,25	95,9
4	Media	94,3	97,53
5	Media	95,53	96,26
6	Media	95,83	92,82
TOTAL	Media	94,92	94,87
	n	6	6
J	D.S.	2,73	1,97

Tabla 9: Porcentaje del área de desidad ósea trabecular periimplantaria, en el grupo CON y SIN carga inmediata, a los tres meses de cicatrización. D.S: desviación estándar: n: tamaño de la muestra.

4. Porcentaje de fibras de colágeno de orientación transversa a la superficie del implante entre espiras (TCP).

El valor medio del porcentaje en el grupo con carga inmediata fue de 29,35 % (DS 7,65). En el grupo sin carga inmediata los resultados fueron muy similares, 29,50 % (DS 4,54), no existiendo diferencias significativas entre grupos (Tabla 10).

PERRO		TCP-Inter SIN	TCP-Inter CON
1	Media	25,293933	27,995554
2	Media	22,9214297	28,5456248
3	Media	31,6783135	15,3159908
4	Media	33,0723494	33,1450661
5	Media	34,4626981	34,6210315
6	Media	29,5782905	36,50388
TOTAL	Media	29,501169	29,3545245
	n	6	6
	D.S.	4,54	7,65

Tabla 10: Porcentaje de fibras de colágeno de orientación transversa a la superficie del implante entre espiras (TCP) en el grupo CON y SIN carga inmediata, a los tres meses de cicatrización. D.S.: desviación estándar; n: tamaño de la muestra.

5. Porcentaje de fibras de colágeno de orientación transversa a la superficie del implante en un área periimplantaria de 300µm alrededor del implante (TCP).

El valor medio del porcentaje en el grupo con carga inmediata fue de 20,24 % (DS 5,61). En el grupo sin carga inmediata los resultados fueron muy similares, 20,34 % (DS 3,02), no existiendo diferencias significativas entre grupos (Tabla 11).

PERRO		TCP-Peri SIN	TCP-Peri CON
1	Media	19,8214311	21,3287837
2	Media	16,9117664	18,7806405
3	Media	17,7381017	10,53397
4	Media	21,3655486	24,828434
5	Media	25,3781546	19,5763325
6	Media	20,8718515	26,4145696
TOTAL	Media	20,347809	20,2437884
	n	6	6
	D.S.	3,02	5,61

Tabla 11: Porcentaje de fibras de colágeno de orientación transversa a la superficie del implante en un área periimplantaria de 300 μ m alrededor del implante (TCP) en el grupo CON y SIN carga inmediata, a los tres meses de cicatrización. D.S.: Desviación estándar; n: tamaño de la muestra.

V. DISCUSIÓN

1. Estudio clínico

1.1.- Tasa de supervivencia de los implantes

De acuerdo a la ley de la transformación del hueso de Wolf (1892), cada cambio en la forma y función ósea, o sólo en la función, es seguida de cambios definitivos en la arquitectura ósea interna y en la conformación externa de acuerdo con leyes matemáticas. Así, la osteointegración representaría un proceso dinámico tanto en su establecimiento como durante su mantenimiento. En este sentido, **los estudios parecen demostrar que la carga inmediata puede no interferir o quizás incluso mejorar los mecanismos biológicos que se establecen en la interfase hueso-implante desde el momento de la colocación del implante dental.**

Todos los estudios revisados están de acuerdo en que **el requisito fundamental para el éxito de la carga inmediata es el control del nivel de micromovimientos que ocurren en la interfase hueso-implante** durante el periodo de cicatrización, es decir, el grado de deformación (*strain*) que sufre el tejido óseo periimplantario al ser sometido a función. **Así, existiría un umbral por encima del cual los micromovimientos serían perjudiciales.**

Se plantea pues la necesidad de determinar **la magnitud de ese umbral de micromovimientos o de deformación por debajo del cual estaríamos seguros de que la carga inmediata no sólo no interferiría sino que mejoraría la cicatrización ósea peri-implantaria.** En estudios realizados ya sobre implantes de carga precoz o inmediata, Szmukler-Moncler (2000), hicieron una revisión de la literatura y concluyeron que hay un umbral crítico de micromovimientos por encima del cual prevalece la

encapsulación fibrosa sobre la osteointegración, estando dicho nivel entre los 50 y los 150 microns.

La cuestión es como poder determinar clínicamente que la estabilidad primaria de nuestros implantes y el diseño de nuestra prótesis inmediata permite transmitir a todos y cada uno de los implantes un nivel de micromovimientos adecuados para que se establezca la osteointegración más favorable.

Los implantes inmediatos de nuestro estudio pertenecen al tipo 1 de la clasificación propuesta por Chen y Buser (2008), ya que los implantes fueron colocados inmediatamente después de la exodoncia, formando parte del mismo acto quirúrgico.

Los estudios referentes a la tasa de supervivencia de los implantes inmediatos tipo 1, revelan que los resultados son muy similares a los implantes colocados en hueso cicatrizado (Chen y cols. 2004; Hämmerle y cols. 2004), tanto con la técnica sumergida (Yukna y cols. 1991; Gelb y cols. 1993; Becker y cols. 1994; Watzek y cols. 1995; Rosenquist & Grenthe 1996; Paolantonio y cols. 2001) como con la no sumergida (Lang y cols. 1994; Brägger y cols. 1996; Gómez-Roman y cols. 1997 y 2001), siendo una modalidad de tratamiento predecible (Chen y cols. 2004)

La revisión llevada a cabo por Quirynen y cols. (2007), establece que la incidencia total de la pérdida de implantes inmediatos a la extracción está alrededor del 5% tras un periodo de observación entre uno y dos años en los estudios prospectivos y de cinco años en los retrospectivos. De ese 5% alrededor del 2,5% se pierde antes de la colocación de la prótesis sobre el implante y el 2-3% restante, durante la función.

En el presente estudio experimental, no fracasaron ninguno de los 24 implantes durante el periodo de cicatrización de tres meses, es decir, no se perdió ninguno de los implantes colocados, siendo la tasa de supervivencia del estudio del 100%.

Estos resultados son similares a los resultados de supervivencia de los implantes inmediatos de los estudios clínicos longitudinales de más de un año de seguimiento (Tarnow y cols. 1997; Schnitman y cols. 1997; Randow y cols. 1999; Jaffin y cols. 2000; Ganeles y cols. 2001; Wolfinger y cols. 2003; Yoo y cols. 2006; Drago y cols. 2006; Degidi y cols. 2006, 2007 y 2008; Romanos y cols. 2006; Cornellini y cols. 2004 y 2006; Glauser y cols. 2007; Crespi y cols. 2007; Jaffin y cols. 2007; De Bruyn y cols. 2008; Ostman y cols. 2008; Collaert y cols. 2008; Alfadda y cols. 2009). Es de destacar el estudio de Degedi y Piatelli (2003), donde no encuentran diferencias significativas entre la carga funcional y no funcional, donde también se incluían implantes unitarios. En total 152 pacientes, 646 implantes de los cuales 422 sometidos a carga inmediata funcional y 224 a no funcional. Estos autores obtuvieron una tasa de éxito del 98.6% para la carga funcional y del 99.1% para la no funcional.

Del mismo modo, también están de acuerdo con los resultados de supervivencia de los implantes inmediatos sometidos a carga inmediata. Así, ensayos clínicos controlados (Cannizzaro y cols. 2008b), estudios clínicos longitudinales (Cooper y cols. 2002, donde 34 de los 54 implantes del estudio son inmediatos) y estudios clínicos longitudinales que combinan carga inmediata, implantes inmediatos y cirugía sin colgajo (Cannizzaro y cols. 2007) nos indican que no existen diferencias estadísticamente significativas respecto a los implantes inmediatos no sometidos a carga.

1.2.- Tasa de supervivencia de las prótesis.

Estudios clínicos controlados y randomizados y estudios experimentales en animales han demostrado que la carga inmediata de los implantes dentales es posible con buenos resultados a largo plazo tanto para prótesis removible como para prótesis fija.

En nuestro estudio la mitad de los implantes eran sometidos a carga a través de prótesis parciales fijas de resina (12 en total). La rehabilitación funcional de los mismos era realizada tras la intervención quirúrgica aprovechando el mismo acto anestésico. Por lo tanto, al realizarse dentro de la primera semana y de acuerdo a la última revisión de consenso de Esposito y cols. 2008, dicha carga sería inmediata.

Tanto los ensayos clínicos controlados (Chiapasco y cols. 2001; Romeo y cols. 2002; Cannizzaro y cols. 2003; Hall y cols. 2006; Oh y cols. 2006; Romanos y cols. 2006; Assad y cols. 2007; Tukyilmaz y cols. 2007; Crespi y cols. 2008; Donati y cols. 2008; Güncü y cols. 2008; Schincaglia y cols. 2008; Testori y cols. 2007; Cannizzaro y cols. 2008a, b y d; Merli y cols. 2008; Zöllner y cols. 2008) como los estudios experimentales sobre modelo animal (Akagawa y cols. 1993; Piatelli y cols. 1993; Romanos et al 2001 y 2002; Meyer y cols. 2003 y 2004; Nkenke y cols. 2003; Matsuzaka y cols. 2007) coinciden en remarcar la importancia del mantenimiento de la ferulización, es decir, controlar la rotura de las prótesis, de los implantes sometidos a carga inmediata durante el periodo de cicatrización de cara a evitar la encapsulación por tejido fibroso del implante. Esto es especialmente importante cuanto menor sea la estabilidad primaria del implante, situación que puede prentarse más fácilmente en los casos de implantes inmediatos.

En el presente estudio experimental, no fracasaron ninguna de las prótesis del estudio durante el periodo de cicatrización de tres meses, es decir, no se rompió ninguna de las prótesis parciales fijas, siendo la tasa de supervivencia del estudio del 100%. Lo que sí presentaban eran facetas de desgaste funcionales.

1.3.- Cicatrización no sumergida.

La cicatrización de los implantes de este estudio se caracterizó por ser, en ambos grupos, intencionadamente no sumergida. En el grupo sometido a carga inmediata, por razones obvias, y en el grupo sin carga mediante la utilización de tapas de cicatrización de 1,5mm de altura que aseguraban la emergencia supragingival en los alvéolos post-extracción.

Schroeder y cols. (1976, 1978 y 1981), usando implantes dentales Straumann®, describieron la técnica no sumergida de colocación de implantes endoóseos en la que la parte del implante que se extiende por encima del hueso está en contacto directo con los tejidos blandos periimplantarios desde el momento de la inserción ósea del implante (Cochran y cols. 2000) quedando expuesta la porción coronaria del implante a través de la encía durante la cicatrización (Han & Park 2004), y a diferencia de la colocación de implantes sumergidos en la que el tope del implante queda del todo sumergido bajo la encía para evitarle daños mecánicos o microbiológicos durante la cicatrización (van Steenberghe & Naert 1998), siendo necesaria una segunda intervención para descubrirlos (Han & Park 2004).

Diferentes estudios experimentales y clínicos demuestran que los implantes no sumergidos logran la integración tisular de forma tan predecible

como los implantes sumergidos (Becker y cols. 1997; Bernard y cols. 1995; Buser y cols. 1990; Ericsson y cols. 1994 y 1996; Gotfredsen y cols. 1991; Weber y cols. 1996).

Las diferencias entre la técnica sumergida, y la técnica no sumergida de colocación de implantes, así como las consecuencias de la técnica no sumergida han sido descritas en el estudio de Cochran & Mahn (1992). En el artículo de Buser y cols. (1998) se describen las ventajas clínicas de la colocación de implantes no sumergidos como son la reducción de la duración de los periodos de curación porque se evita la cirugía de la segunda fase y la facilidad de acceder al cuello del implante a nivel de los tejidos blandos.

La cicatrización no sumergida implica que la parte de los implantes expuesta a la cavidad oral es susceptible al depósito de placa bacteriana y al consecuente desarrollo de mucositis periimplantaria que podría interferir en la curación de los tejidos periimplantarios (Polson y cols. 1976; Berglundh y cols. 2003). Por dicho motivo, en el presente estudio, durante el periodo de cicatrización de tres meses, se estableció un programa de control de placa bacteriana.

1.4.- Diámetro de los alvéolos

Conocer el diámetro de la entrada de los alvéolos post-extracción es fundamental para la selección adecuada del diámetro endoóseo del implante. En este trabajo el diámetro buco-lingual es el de mayor relevancia porque los cortes histológicos son en dirección buco-lingual.

Dicho diámetro se mide clínicamente con sonda milimetrada tras la exodoncia de igual manera que en los estudios experimentales previos de

Araújo y cols. 2005 y 2006a, en los que se estudia la cicatrización tras la colocación de implantes inmediatos.

El diámetro medio mesio-distal de los alvéolos post-extracción del premolar 3 fue de 3,70 (D.S. 0,57) milímetros y el de los del premolar 4 de 4,18 (D.S. 0,75) milímetros y el buco-lingual de 3,08 (D.S. 0,29) milímetros y 3,98 (D.S. 0,66) milímetros respectivamente. Teniendo en cuenta que el diámetro máximo de las espiras del implante utilizado es 3,5mm y del cuerpo 3,3mm, teóricamente se formaría un “gap” o espacio entre el alvéolo y el implante en la porción más coronal. No así en el estudio de Araújo 2005 donde el diámetro medio de los alvéolos en su parte más coronal es inferior al diámetro del cuerpo de los implantes utilizados (Se midió la dimensión bucolingual. La media fue de 3,5mm (DS 0,2) para la zona de 3º premolar y 3,9mm (DS 0,3) para la zona del 4º premolar. Se colocaron implantes Straumann de 4,1mm de diámetro).

1.5.- Altura de la mucosa

La colocación de implantes inmediatos, en ambos grupos del presente trabajo, se realizó haciendo coincidir el inicio de la superficie SLA del implante con la cresta ósea bucal del alvéolo post-extracción, de igual manera que en los estudios experimentales previos de Araújo y cols. (2005 y 2006b), en los que también se utilizaron implantes estándar Straumann®.

En este estudio como la técnica de colocación de los implantes para ambos grupos es sin colgajo, al no levantar colgajo mucoperióstico no se tiene una visión directa sobre la cresta ósea. Para conocer la posición de la cresta ósea de los alvéolos que reciben los implantes inmediatos, se registró

tras la exodoncia la altura de la mucosa midiendo con sonda milimetrada la distancia entre el margen gingival y la cresta ósea en bucal y en lingual.

Asimismo, para la correcta colocación de los implantes se tuvo en cuenta el valor de esta medida y que la distancia entre el hombro del implante y el inicio de la superficie SLA de los implantes del estudio es de 2,8 milímetros.

En el estudio de Schwart-Arad & Chaushu (1998), se colocaron implantes inmediatos sin colgajo lo que conlleva a no tener una visualización de la configuración ósea. Para conseguir que la colocación de los implantes inmediatos sin colgajo sea la correcta proponen una serie de recomendaciones clínicas como son:

- La evaluación clínica y radiográfica previa de la zona para conocer la anatomía ósea.
- El uso de una guía quirúrgica durante la colocación de los implantes.
- La colocación de un dedo sobre la superficie bucal durante el fresado del alvéolo.
- Comprobar con una cureta la integridad de las paredes óseas antes de la colocación de los implantes.

1.6. Análisis del torque de inserción de los implantes:

La estabilidad primaria de los implantes ha demostrado ser un factor clave, aunque no imprescindible, para la supervivencia de los mismos. La estabilidad primaria mecánica está directamente relacionada con la cantidad y

calidad del hueso alveolar receptor, con el tipo de implante empleado y con la técnica quirúrgica que utilizemos (Meredith y cols. 1998). Biológicamente, la estabilidad primaria es obtenida si el área marginal o apical del hueso alveolar receptor del implante posee una suficiente cantidad de hueso compacto cortical y de densidad trabecular del hueso esponjoso.

Todos los estudios coinciden en reseñar la importancia de la estabilidad primaria del implante de cara a ser sometido a carga inmediata. En este sentido, valores altos de torque de inserción estarían relacionados con una alta estabilidad primaria y viceversa. Lo mismo sucede, como luego veremos, con los valores de frecuencia de resonancia.

Así, en la revisión sistemática sobre los tiempos de carga recientemente publicada (Esposito y cols. 2009), todos los ensayos clínicos controlados y randomizados revisados coinciden en la necesidad de torques de inserción altos como condición importante (aunque posiblemente no imprescindible) para poder llevar a cabo carga inmediata por ser sinónimo de alta estabilidad primaria.

En el presente estudio tenemos el agravante de que los implantes son inmediatos, lo cual dificulta el alcanzar valores altos de torque de inserción, sobre todo debido a la escasa distancia existente entre los ápices de los dientes y el conducto dentario o el foramen mentoniano (lo cual nos lleva a una situación de baja probabilidad de alcanzar estabilidad del implante en el hueso apical al alvéolo). Además, como ya se consideró en el apartado del diámetro de los alvéolos, el diámetro del implante seleccionado es inferior a la media del diámetro de los alvéolos en su parte más coronal.

Así, en nuestro estudio, la media del torque de inserción, medido con el propio motor utilizado para la colocación de los implantes, fue de 20N/cm

en el grupo con carga frente a 19.58N/cm en el grupo sin carga, no existiendo diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos.

Estos valores son evidentemente inferiores a los que encontramos por ejemplo en el estudio Nkenke y cols. (2003), donde los valores de la mayoría de los implantes se encuentran en torno a los 50N/cm debido a que la colocación de los implantes se realiza sobre hueso cicatrizado. Sin embargo, estos valores son similares a los que encontramos en estudios en animales donde la colocación de los implantes se realiza de forma inmediata y donde el diámetro del implante es inferior al diámetro coronal del alvéolo (Blanco y cols. (2008)). Asimismo, dentro de los ensayos clínicos randomizados Cannizzaro y cols. (2003, 2008a y 2008b), establecen como criterio de inclusión un torque por enzima de 45-48N/cm. Lindeboon y cols. (2006) y Testori y cols. (2007) de 30N/cm. Cannizzaro y cols. (2008d) y Merli y cols. (2008) de 40N/cm. Donati y cols. (2008) y Schincaglia y cols. (2008) de 20N/cm.

Estudios experimentales como Mangano y cols. (2009) realizados sobre modelo animal, similares al presente estudio, donde la colocación de los implantes era inmediata a la exodoncia no contemplan el registro del torque de inserción dentro de los parámetros clínicos registrados.

1.7. Análisis de la frecuencia de resonancia (FRA):

Valores bajos de FRA tras la colocación del implante podría informarnos de la existencia de una baja estabilidad primaria (Meredith y cols. 1996). Valores bajos de FRA durante la cicatrización del implante podrían indicar sobrecarga del implante y predecir futuro fracaso del mismo, aunque los estudios demuestran que, al igual que ocurre con el torque de

inserción con el que se ha demostrado una correlación positiva (Friberg y cols. 1999 o de O Sullivan y cols. 2004), no es un buen predictor de éxito o fracaso del implante, pues valores bajos de ambos pueden resultar en implantes osteointegrados o valores extremadamente altos en implantes fracasados. Así se demuestra a través de estudios como el Barewal y cols. (2003), Glauser et al (2004) y Balsi y cols. (2005), en cuyos estudios clínicos, demostraban esta relación. Dentro de estos estudios destacamos el de Barewal y cols. (2003) donde se demuestra como los valores más bajos de frecuencia de resonancia se corresponde con la peor calidad de hueso. Pero, también se demuestra cómo durante la cicatrización todos los valores bajan y como tras la osteointegración del implante todos los valores se equiparan siendo el hueso blando el que experimenta un mayor repunte.

Sennerby y Meredith demostraron que el análisis de la frecuencia de resonancia puede ser de gran ayuda a la hora de decidir en qué momento podemos sustituir la prótesis provisional inmediata por la prótesis definitiva (Sennerby y Meredith y cols. 1998). Östman y cols. (2005, 2008) publicaban bajas tasas de fracaso cuando utilizaban para carga inmediata implantes cuya medición del análisis de frecuencia de resonancia superaba los 60 de valor ISQ como criterio de inclusión en un estudio de carga inmediata en maxilares edéntulos y en mandíbula posterior. Valores de FRA tras la cicatrización por encima de 60 eran considerados como éxito en la respuesta del implante a la carga inmediata.

En cuanto a su relación con los implantes inmediatos y la carga inmediata, múltiples estudios clínicos han utilizado la frecuencia de resonancia como medida de estabilidad de los implantes para demostrar junto con otros parámetros que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tiempos de carga o entre los diferentes

tiempos de colocación de un implante (Bischof y cols. 2004; Cornellini y cols. 2004 y 2006; Glauser y cols. 2005; Ostman y cols. 2005; Degidi y cols. 2006; Cannizaro y cols. 2007; Stefan Peev y cols. 2007;....).

Estudios histológicos han corroborado la relación positiva entre los valores de frecuencia de resonancia y los porcentajes de contacto hueso-implante (Meredith y cols. 1997; Nkenke y cols. 2003). Pero también existen estudios histológicos que llegan a la conclusión opuesta (Huwiler y cols. (2007), Abrahamson y cols (2009))

Al igual que ocurría con el torque de inserción los estudios experimentales sobre modelo animal con los que podemos comparar nuestros resultados por combinar implantes inmediatos y carga inmediata no registran el análisis de frecuencia de resonancia dentro de los parámetros clínicos estudiados.

El valor medio de la FRA en nuestro estudio el día de la colocación de los implantes expresado en valores ISQ en el grupo sin carga inmediata fue de 67.08 y en el grupo con carga fue de 69.42, no siendo la diferencia entre ambos grupos estadísticamente significativa. A los tres meses el valor medio de la FRA expresado en valores ISQ en el grupo sin carga inmediata fue de 74,25 y en el grupo con carga fue de 73.08, no siendo la diferencia entre ambos grupos estadísticamente significativa. Estos resultados estarían de acuerdo a las cifras que los estudios clínicos han utilizado como criterios de inclusión para realizar carga inmediata y con las cifras que se consideran de éxito una vez que se ha producido la osteointegración del implante y se ha establecido la estabilidad secundaria del mismo.

2. Estudio histológico.

2.1.- Tejidos blandos periimplantarios.

La selección de la mandíbula como sitio de colocación de los implantes permite estudiar la respuesta de la mucosa, sin embargo tiene la desventaja de ser un sitio expuesto a la acción de la masticación (Tencer y cols. 1999).

El análisis histológico reveló que en ambos grupos, tras tres meses de cicatrización, se formó una inserción mucosa que sirve como sellador y que evita la llegada de los productos de la cavidad bucal hasta el tejido óseo que ancla al implante (Berglundh y cols. 1991; Buser y cols. 1992; Berglundh & Lindhe 1996; Abrahamsson y cols. 1996, 1997 y 1998; Cochran y cols. 1997; Lindhe & Berglundh y cols. 2005; Rompen y cols. 2006). Además, es de gran importancia para la cicatrización inicial, para el mantenimiento de la osteointegración y para el comportamiento a largo plazo de los implantes dentales (Berglundh y cols. 1992; Berglundh & Lindhe 1996; Abrahamsson y cols. 1996; Rompen y cols. 2006), siendo una estructura fisiológica cuya longitud total permanece estable en periodos de observación de hasta doce meses (Cochran y cols. 1997; Hermann y cols. 2000).

En ambos grupos, la mucosa periimplantaria presentó una estructura histológica caracterizada por estar formada por una barrera epitelial que se continuaba con una zona de inserción de tejido conectivo. Dicha estructura es común a la referida en los estudios previos en implantes diferidos (Berglundh y cols. 1991, 1994, 1996 y 2007; Cochran y cols. 1997 y 2000; Hermann y cols. 2000; Abrahamsson y cols. 1998, 2001 y 2002; Todescan y cols. 2002 y Rompen y cols. 2006). Del mismo modo, coincide con la descrita en los

estudios en implantes inmediatos de Araújo y cols. (2005, 2006a y 2006b), y en el de Botticelli y cols. (2006) e independientemente de si la colocación de los implantes es con técnica sumergida o no sumergida (Cochran & Mahn 1992; Weber y cols. 1996; Abrahamsson y cols. 1996 y 1999 ; Cochran y cols. 1997 ; Berglundh y cols. 2007).

Además, en los estudios previos de Berglundh y cols. (1991 y 1992) se afirma que en condiciones de salud, la mucosa periimplantaria tiene características en común con la encía de los dientes, de tal manera que la proporción relativa de epitelio y de tejido conectivo, así como la longitud del epitelio de unión son similares en la encía y en la mucosa periimplantaria.

Sin embargo, también existen diferencias importantes entre los dos tejidos, como son la diferente disposición de las fibras de colágeno, la composición del tejido conectivo supracrestal (Berglundh y cols. 1991) y la vascularización de ambos tejidos (Berglundh y cols. 1994).

2.2.- Tejido óseo periimplantario.

El modelo experimental de este estudio es el perro y se debe tener en cuenta que su mecanismo óseo es similar al del humano pero el ritmo de "bone turnover" es de 2 a 3 veces más rápido (Tencer y cols. 1999). En el estudio de Botticelli y cols. 2004c, se expone que la curación de los tejidos duros y blandos ocurre más rápido en el perro que en los humanos.

En el presente trabajo, a los tres meses de cicatrización las imágenes histológicas de ambos grupos muestran que el hueso que está inmediatamente lateral a los implantes dentales es un hueso menos maduro que el hueso de la parte externa de las paredes alveolares originales con el que se continúa, estando separados por unas marcadas líneas de separación. Esto está de

acuerdo con los estudios histológicos previos de implantes inmediatos de Araújo y cols. (2005, 2006a y 2006b) en los que el periodo de cicatrización es de tres meses y en el estudio de Botticelli y cols. 2006, en el que el tiempo de cicatrización es de cuatro meses.

Los mecanismos por los que el hueso se puede formar sobre la superficie del implante son la osteogénesis de contacto y la osteogénesis a distancia (Osborn & Newesely 1980), siendo dos fenómenos distintos que permiten al hueso yuxtaponerse a una superficie implantada. En la osteogénesis a distancia, el nuevo hueso se forma a partir de las superficies de hueso en vez del periimplantario, de tal manera que las superficies existentes de hueso proporcionan una población de células osteogénicas que depositan una nueva matriz, la cual invadirá al propio implante. En la osteogénesis de contacto, el nuevo hueso se forma inicialmente en la superficie del implante tras la colonización de la superficie del implante por una población de células osteogénicas antes de iniciarse la formación de matriz ósea. El estudio de Davies y cols. (1999), expone que la osteogénesis de contacto se puede separar en dos fases:

- La primera fase se corresponde con la migración de células osteogénicas a la superficie del implante y se denomina osteoconducción.
- La segunda fase es la formación de hueso nuevo que es un proceso de cuatro estadios con la siguiente secuencia:
 1. En primer lugar las células osteogénicas diferenciadas segregan inicialmente una matriz orgánica sin colágeno que proporciona zonas de nucleación para la mineralización con calcio y fósforo.

2. A continuación de la nucleación se produce el crecimiento de cristales de fosfato cálcico.
3. De forma concomitante con el crecimiento del cristal en el desarrollo de la interfase se producirá el inicio del ensamblamiento de las fibras de colágeno.
4. Por último, se produce la calcificación del compartimento colágeno.

Por lo tanto en este proceso de formación de hueso nuevo, el compartimento colágeno del hueso estará separado del sustrato subyacente por una capa de tejido calcificado sin colágeno que contiene proteínas óseas no colágenas (osteopontina y sialoproteína ósea) que equivale a las líneas de cemento (Von Ebner y cols. 1875) que forman la interfase entre el hueso viejo y el neoformado y que aparecen en las imágenes histológicas de la zona de implantes de ambos grupos experimentales separando el hueso de nueva formación y el hueso de las paredes originales de los alvéolos.

Existe una tercera respuesta celular que es el remodelado óseo que también puede crear en algunos lugares formación de hueso nuevo en la superficie del implante (Davies y cols. 1999). Asimismo, durante la osteointegración de los implantes, el remodelado óseo permite la sustitución gradual del hueso reticular por hueso laminar y médula ósea (Albrektsson y cols. 2005).

Por otra parte, a los tres meses y en ambos grupos del presente estudio, el espacio que se crea en el momento de colocación de los implantes inmediatos en la parte marginal del alvéolo entre la superficie del implante y la superficie ósea como consecuencia de que el diámetro endoóseo de los

implantes es menor que el diámetro de entrada de los alvéolos, así como por la discrepancia entre la forma del implante y la del alvéolo, se fue rellenando con hueso de nueva formación. En el estudio de Chen y cols. (2004), se afirma que este relleno óseo es necesario para conseguir un resultado óptimo con implantes inmediatos y que la curación ósea es dependiente de la estabilización del coágulo que se forma inicialmente en dicho espacio.

Los estudios experimentales en animales de Knox y cols. (1991); Stentz y cols. (1997); Akimoto y cols. (1999); Botticelli y cols. (2003b) han demostrado que la distancia entre el hueso y el implante y las características de la superficie del implante son dos factores críticos para la estabilización de este coágulo, de tal manera que en los defectos óseos periimplantarios horizontales iguales o menores de dos milímetros se produce curación ósea espontánea y osteointegración de los implantes que presentan superficie rugosa (Chen y cols. 2004).

En los estudios de Botticelli y cols. (2003a, 2003b, 2004a, 2004b y 2005), se demuestra que los defectos marginales alrededor de implantes colocados en hueso cicatrizado curan con la formación de hueso nuevo que se inicia dentro de las paredes laterales y en apical del defecto óseo a través de un proceso de crecimiento aposicional (Botticelli y cols. 2003b) y que tras 4 meses de curación dicho defecto se rellena con hueso de nueva formación que está en contacto con la superficie del implante asegurando una adecuada osteointegración, en sitios con cicatrización sumergida y no sumergida (Botticelli y cols. 2005).

En el estudio posterior de Botticelli y cols. (2006), se expone que la tasa de cicatrización y el grado de resolución en los defectos óseos marginales periimplantarios, depende si dichos defectos son en hueso

alveolar cicatrizado o en el hueso alveolar tras la colocación de implantes inmediatos. Así, la curación de los defectos en hueso cicatrizado a los cuatro meses ocurre de acuerdo a lo descrito en estudios previos (Botticelli y cols. 2003a y 2003b), mientras que, la resolución de los defectos óseos en el hueso alveolar post-extracción son el resultado del relleno óseo en la porción apical y la marcada pérdida de hueso en la zona marginal del alvéolo consecuencia de las alteraciones dimensionales alveolares asociadas a la pérdida dentaria.

3. Estudio histomorfométrico.

El pronóstico a largo plazo del tratamiento con implantes dentales está relacionado con la efectividad de la osteointegración, así como con la formación de una mucosa adecuada que proteja al tejido óseo de la llegada de productos de la cavidad oral (Brånemark y cols. 1985; Ten Cate y cols. 1985; Carnichael y cols. 1989; Listgarten y cols. 1991).

Los implantes del presente estudio tienen una superficie rugosa (superficie SLA®) que presenta ventajas para la osteointegración como se describe en los estudios de Buser y cols. 1991 y Cochran y cols. 1996 y 1998, de tal manera que con implantes con superficie rugosa se obtienen mayores porcentajes de contacto hueso-implante (Cochran y cols. 2000) si se compara con implantes con superficie mecanizada. En este sentido, el estudio de Abrahamsson y cols. (2004), es un estudio histológico en el perro que investiga y compara la osteointegración en implantes con superficie rugosa y con superficie mecanizada. A los tres meses de curación el porcentaje de contacto hueso-implante es aproximadamente del 60% en los implantes con superficie SLA y de aproximadamente del 40% en los implantes con superficie mecanizada.

La actividad funcional produce cargas sobre el hueso alveolar que se encuentran directa o indirectamente relacionadas con la adaptación celular del tejido óseo (Fritton y cols. 2000). El mantenimiento de la osteointegración del implante favorece la continua actividad de remodelación en el área peri-implantaria (Suzuky y cols. 1997). En este contexto no sería ilógico pensar que la carga inmediata “per se” podría producir la encapsulación del implante (Szmukler-Momcлер 2000). Por el contrario, una cierta cantidad de microcargas pueden ayudar a mejorar la mineralización del área periimplantaria. Esto se sabe por los estudios de osteoporosis (Frost y cols. 1992).

3.1. Porcentaje contacto hueso-implante (BIC).

En el presente estudio, la técnica de colocación de implantes inmediatos asegura una adecuada osteointegración de los implantes, siendo el porcentaje de contacto hueso-implante (BIC) muy similar en ambos grupos (81,06 % en el grupo con carga y 76,14 % en el grupo sin carga). Por lo tanto, se demuestra que la osteointegración del implante se puede alcanzar tanto sometiendo el implante a carga inmediata como sin ella. La cantidad de osteointegración alcanzada medida como porcentaje de contacto hueso-implante y la calidad de la misma medida en forma de área ósea periimplantaria era similar en ambos grupos, no influyendo el protocolo de carga.

Los valores del porcentaje de contacto hueso-implante obtenidos en este trabajo están de acuerdo o incluso son mejores que los que encontramos en estudios previos de implantes inmediatos en animales (Anneroth y cols. 1985; Becker y cols. 1991; Warrer y cols. 1991; Lundgren y cols. 1992 ; Parr y cols. 1993 ; Barzilay y cols. 1996b ; Kohal y cols. 1997; Alliot y cols.

1999; Karabuda y cols. 1999; Abrahamsson y cols. 2004), estudios experimentales de implantes inmediatos en perros Beagle con similares tipos de implantes (Araújo y cols. 2005 y 2006a; Blanco y cols. 2008; Sanctis y cols. 2009) y en estudios experimentales en animales con carga inmediata sobre hueso cicatrizado (Nkenke y cols. 2003; Suzuki y cols. 2007; Matsuzaka y cols. 2007; Stavropoulos y cols. 2008; Slaets y cols. 2009; Traini y cols. 2009).

En un estudio realizado por Mangano y cols. 2009, sobre un modelo no humano en primates *Papio ursinus*, con implantes inmediatos sometidos a carga inmediata versus sumergidos, ellos obtenían un porcentaje de contacto hueso-implante del 86,85% en el grupo con carga, frente al 86,02% del grupo sin carga, no existiendo diferencias significativas entre ambos grupos. Similares resultados son obtenidos en el actual estudio.

Asimismo, el estudio de Nkenke y cols. 2003, realizado en mandíbulas de cerdos en miniatura, revela unos resultados donde el porcentaje de contacto hueso-implante, no difiere entre los implantes sometidos o no a carga inmediata durante el período de observación.

Sin embargo, Piatelli y cols. (1998), 48 implantes cargados a los 3 días, encuentra un porcentaje de contacto hueso-implante mayor y apariencia más compacta en los de carga inmediata. Si bien no encuentran diferencias estadísticamente significativas en el BIC de ambos grupos sí las encuentran en las áreas de hueso dentro de las roscas. Las diferencias en BIC pueden deberse a un estímulo positivo de los micromovimientos fisiológicos y, por lo tanto, concluyen que:

- Los implantes cargados y ferulizados de manera inmediata pueden osteointegrarse con una respuesta ósea periimplantaria similar a la de los de carga diferida.
- La carga inmediata podría tener potencial para aumentar la osificación del hueso alveolar alrededor de los implantes.

En este mismo sentido, Berglundh y cols. (2005), en un estudio sobre un modelo animal en perros beagle analizaron la reacción ósea tisular a carga funcional a largo plazo demostrando un mayor grado de contacto hueso-implante en el grupo de carga. Una razón para explicar los resultados encontrados en este estudio podrían ser los 10 meses de seguimiento frente a los 3 meses de nuestro estudio. Además, dicho estudio demuestra que la carga inmediata no produce efectos adversos sobre la nueva formación de hueso a medio plazo.

Joos y cols. (2005), mediante un diseño de implante cónico especialmente diseñado mediante análisis de elementos finitos para una adecuada distribución de las fuerzas de la carga inmediata al hueso (5500-3000 microstrains) dentro de fuerzas masticatorias, consigue desde el primer día en 8 cerdos en miniatura un BIC del 90% y que además se mantiene durante la cicatrización del implante acelerando la osteointegración a horas, por permitir este diseño contacto directo al implante de osteoblastos y de la matriz mineralizada. Los cerdos se sacrifican a las 4h, 3, 7 y 28 días.

En cuanto a la influencia de levantar o no un colgajo, todos los estudios experimentales sobre modelo animal están de acuerdo en la no influencia sobre el porcentaje de contacto hueso implante (Meyer y cols. 2003 y 2004; Becker y cols. 2006; Blanco y cols. 2008).

Los resultados del actual estudio también están de acuerdo con los estudios histológicos en humanos de Wilson y cols. (1998), y Paolantonio y cols. (2001), en los que se apunta que los implantes inmediatos a la extracción se integran al tejido óseo alveolar adecuadamente y sin existir diferencias significativas con respecto a los implantes colocados en hueso cicatrizado. Del mismo modo, esta integración adecuada se consigue en los casos de carga inmediata versus sin carga en estudios de histomorfometría en humanos: Piatelli y cols. (1997); Testori y cols. (2001); Degidi y cols. (2003 y 2004); Rocci y cols. (2003); Romanos y cols. (2006); Iezzi y cols. (2006) y Guida y cols. (2008).

3.2. Área ósea trabecular.

En el presente estudio no se encuentran diferencias estadísticamente significativas en cuanto a calidad ósea expresada en forma de densidad ósea entre las espiras del implante y en el área periimplantaria. Estos resultados están de acuerdo con los estudios de Nkenke y cols. (2003 y 2005), realizado en mandíbulas de cerdos en miniatura, el cual revela unos resultados donde el porcentaje de densidad ósea y el porcentaje de aposición mineral ósea, no difieren entre los implantes sometidos o no a carga inmediata durante el período de observación. Chanavati y cols. (2006), diseñan un estudio experimental en 15 perros dividiendo los implantes en tres grupos (Carga a las 48h, a la semana y no carga) después de tres meses no encuentran diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de contacto hueso-implante, ni en el grado de osteointegración ni en la composición del nuevo hueso formado.

Los resultados de nuestro estudio en cuanto a calidad de la osteointegración, estudiada en forma de porcentaje del área ósea trabecular

entre espiras fue de 82,05 en el grupo con carga inmediata. En el grupo sin carga inmediata los resultados fueron muy similares, 82,35, no existiendo diferencias significativas entre grupos. En el área perimplantaria medida en un área de 300 micras alrededor del implante fue en el grupo con carga inmediata de 94,87. En el grupo sin carga inmediata los resultados fueron muy similares, 94,92, no existiendo diferencias significativas entre grupos. Estos resultados son, aunque más altos, equiparables a los obtenidos por Nkenke y cols. (2003): 57.9 y 55.3 entre espiras; 64.6 y 64.1 en un área de 2mm en torno al implante. Las diferencias podrían explicarse posiblemente por la diferencia de modelo animal.

Aunque con sólo seis meses de seguimiento, Barone y cols. (2003), realizan un interesante estudio radiológico (por lo tanto no invasivo) para evaluar la densidad ósea alrededor de implantes cargados inmediatamente en comparación con implantes sin carga. Para ello utilizan un nuevo TC escáner volumétrico. Insertan doce implantes de los que cargan 6 de forma inmediata y dejan el resto sin cargar, evaluándolos a los 6 meses. La tasa de supervivencia fue del 100%, siendo la media del perfil densitométrico más alta y estadísticamente significativa en los cargados inmediatamente que en los controles.

3.3. Orientación de las fibras de colágeno a nivel del hueso alveolar.

En el presente estudio no se encuentran diferencias estadísticamente significativas en cuanto a calidad ósea expresada en forma de un mayor porcentaje de fibras de colágeno de orientación transversa en el hueso alveolar entre las espiras del implante y en el área peri-implantaria.

Sin embargo, Traini y cols. (2006), publican un estudio de biopsia humana de dos implantes sometidos a carga inmediata de dos y 12 años de evolución. **Estos autores pretenden demostrar que las fuerzas transmitidas al hueso por la carga inmediata generan y mantienen una orientación más transversal de la fibras de colágeno del hueso periimplantario.** Tras someter las preparaciones histológicas a un microscopio con CPL (Luz circularmente polarizada) para el estudio de la orientación de las fibras de colágeno concluyen que si bien los BIC eran diferentes la carga inmediata generó y mantuvo un % similar de fibras de colágeno orientadas transversalmente.

Asimismo, existen publicados estudios experimentales sobre modelo animal donde aunque no encuentran diferencias estadísticamente significativas en cuanto a cantidad de osteointegración expresada en forma del porcentaje de contacto hueso-implante, sí lo hacen en términos de calidad ósea: Neugebauer y cols. (2006), compara 85 implantes en cerdos en miniatura donde la mitad son cargados de forma inmediata. Concluyen el estudio diciendo que después de 4 meses los implantes cargados de manera inmediata mostraban un mayor grado de formación y remodelación ósea comparado a los implantes no cargados. Los implantes cargados de manera inmediata mostraban una mayor prevalencia de fibras de colágeno en el tejido óseo periimplantario de orientación transversal. Curiosamente, en este estudio, los implantes que no alcanzaban un torque de inserción de 35N fracasaron todos.

En esta misma línea y este mismo grupo, Traini y cols. (2009), publican un estudio en cerdos en miniatura donde se colocan 25 implantes después de tres meses de curación de las exodoncias. Colocaban 5 implantes en cada animal de los cuales 4 eran sometidos a carga inmediata. Después de

4 meses los animales eran sacrificados y se realizaba estudio histológico e histomorfométrico estudiando el BIC, el grado de mineralización del hueso periimplantario y del hueso alveolar y la orientación de las fibras de colágeno en dichos tipos de hueso. Los resultados de este estudio muestran un porcentaje de contacto hueso-implante mayor en los no cargados (aunque sin diferencias significativas). Sin embargo, tanto la mineralización como el porcentaje de fibras de colágeno orientadas en sentido transversal, es significativamente mayor en el hueso periimplantario de los implantes sometidos a carga inmediata que en los no sometidos a carga. Incluso la mineralización es significativamente mayor que en el hueso alveolar no sometido a la colocación de implantes dentales.

Las razones por las que este grupo encuentra diferencias a favor de la carga inmediata podría deberse a razones metodológicas de la histomorfometría, a que el modelo animal utilizado es distinto, al tipo de alimentación que reciben los animales, a las diferencias en el número de implantes, al tipo de prótesis o quizás al hecho de que en nuestro estudio los implantes son inmediatos.

VI. CONCLUSIONES

Las conclusiones del presente trabajo son las siguientes:

1. La supervivencia tanto de los implantes como de las prótesis en ambos grupos de nuestro estudio es del 100%.
2. El estudio clínico mediante el torque de inserción y el análisis de la frecuencia de resonancia en implantes inmediatos indicó que valores altos de torque de inserción junto con valores de frecuencia de resonancia por encima de 60 se traduce a los tres meses de cicatrización, con o sin carga inmediata, en valores altos de frecuencia de resonancia por encima de 60. Sin existir, entre ambos grupos, diferencias estadísticamente significativas.
3. Las características histológicas fueron similares en el grupo con y sin carga inmediata a los tres meses de cicatrización.
4. Tras el estudio histomorfométrico realizado a los tres meses de cicatrización se demuestra que la osteointegración del implante se puede alcanzar mediante implantes inmediatos sin colgajo con o sin carga inmediata, observando que:
 - El porcentaje de contacto hueso-implante fue similar para ambos grupos. Sin existir, entre ambos grupos, diferencias estadísticamente significativas.
 - El área ósea trabecular en el área perimplantaria es similar en ambos grupos. Sin existir diferencias estadísticamente significativas.

- El porcentaje de fibras de colágeno de orientación transversa a nivel del hueso alveolar es similar en ambos grupos. Sin existir diferencias estadísticamente significativas.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Abrahamsson, L, Berglundh, T., Wennström, J. & Lindhe, J. (1996) The peri-implant hard and soft tissues at different implant systems. A comparative study in the dog. *Clinical Oral Implants Research* 7, 212-219.
- Abrahamsson, I., Berglundh, T. & Lindhe, J (1997) The mucosal barrier following abutment dis/reconnection. An experimental study in dogs. *Journal of Clinical Periodontology* 24, 568-572.
- Abrahamsson, I., Berglundh, T., Glantz, P.O. & Lindhe, J. (1998) The mucosal attachment at different abutments. An experimental in dogs. *Journal of Clinical Periodontology* 25, 721-727.
- Abrahamsson, I., Berglundh, T., Moon, I.S. & Lindhe, J. (1999) Peri-implant tissues at submerged titanium implants. *Journal of Clinical Periodontology* 26, 600-607.
- Abrahamsson, I, (2001) Bone and soft tissue integration to titanium implants with different surface topography: an experimental study in the dog. *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 16, 323-332.
- Abrahamsson, I., Zitzmann, N.U., Berglundh, T., Linder, E., Wennerberg, A. & Lindhe, J. (2002) The mucosal attachment to titanium implants with different surface characteristics: an experimental study en dogs. *Journal of Clinical Periodontology* 29, 448-455.
- Abrahamsson, Berglundh, T., Linder, E., Lang, N.P. Lindhe, J. (2004) Early bone formation adjacent to rough and turned endosseous implant surfaces. An experimental study in the dog. *Clinical Oral Implants Research* 15,381-392.
- Abrahamsson I, Linder E, Lang NP. Implant stability in relation to osseointegration: an experimental study in the Labrador dog. *Clin Oral Implants Res.* 2009 Mar;20(3):313-8.

- Adell R. Long-term treatment results. En Brånemark P-I et al. Tissue-integrated Prostheses. Chicago: Quintessence 1985: 175-186.
- Akagawa, Y., Ichikawa, Y., Nikai, H., Tsuru, H., (1993) Interface histology of early loaded partially stabilized zirconia endosseous implant in initial bone healing. J Prosthet Dent, 69: 599-604.
- Akimoto, K., Becker, W., Donath, K., Becker, B.E. & Sanchez, R. (1999) Formation of bone around titanium implants placed into zero wall defects: Pilot project using reinforced e-PTFE membrane and autogenous bone grafts. Clinical Implant Dental Related Research 12, 98-104.
- Albrektsson T, Brånemark PI, Hansson HA, Lindström J. Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. *Acta Orthopaedica Scandinavica* 1981; **52(2)**:155-170.
- Albrektsson, T., Berglundh, T. & Lindhe, J. (2005) Oseointegración: antecedentes históricos y conceptos actuales. En Periodontología Clínica e Implantología Odontológica. Lindhe J. Karting, T. & Lang, N.P. (Eds.), Editorial Médica Panamericana S.A., Buenos Aires, pps. 845-857.
- Alfadda, S., Attard, N., David, L., (2009) Five – year clinical results of immediately dental implants using mandibular overdentures. Int J Prosthodont, 22(4): 368-73.
- Alliot, B, Piotrowski, B., Marin, P., Zahedi, P. & Brunei, G. (1999) Regeneration procedures in immediate transmucosal implants: An animal study. The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants 146, 841-848.
- Amler, M.H., Johnson, P.L. & Salman, I. (1960) Histological and histochemical investigation of human alveolar socket healing in undisturbed extraction wounds. Journal of the American Dental Association 61, 32-44.

- Amler MH. The time sequence of tissue regeneration in humans extraction wounds. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1969; 273:309-318.
- Anneroth, G., Hedström, K.G., Kjellman, O., Köndell, P.A. & Nordenram, A. (1985) Endosseous titanium implants in extraction sockets. An experimental study in monkeys. *The International Journal of Oral Surgery* 14, 50-54.
- Aparicio C, Rangert B, Sennerby L. Immediate/early loading of dental implants: a report from the Sociedad Espanola de Implantes World Congress consensus meeting in Barcelona, Spain, 2002. *Clinical implant dentistry and related research*. 2003;5(1):57- 60.
- Araújo, M. G. & Lindhe, J. (2005a) Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *Journal of Clinical Periodontology* **32**, 212–218.
- Araujo MG, Sukekava F, Wennström JL, Lindhe J. Ridge alterations following implant placement in fresh extraction sockets: an experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005b; 32: 645-652.
- Araújo, M. G., Wennstrom, J. L. & Lindhe, J. (2006a) Modeling of the buccal and lingual bone walls of fresh extraction sites following implant installation. *Clinical Oral Implants Research* **17**, 606–614.
- Araújo, M.G., Sukekava, F., Wennström, J.L., Lindhe, J. (2006b) Tissue modelling following implant placement in fresh extraction sockets, *Clinical Oral Implants Research* 17, 615-624.
- Araújo MG, Lindhe J. Ridge alterations following tooth extraction with and without flap elevation: an experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res.* 2009 Jun; 20(6):545-9.

- Atieh, M. A., Payne, A. G., Duncan, W. J. & Cullinan, M. P. (2009) Immediate restoration/loading of immediately placed single implants: is it an effective bimodal approach? *Clinical Oral Implants Research* **20**, 645–659.
- Atwood, D.A. (1957) A cephalometric study of the clinical rest position of the mandible. Part II. The variability in the rate of bone loss following the removal of occlusal contacts. *Journal of Prosthetic Dentistry* **7**, 544-552.
- Atwood, D.A. (1962) Some clinical factors related to the rate of resorption of residual ridges. *Journal of Prosthetic Dentistry* **12**, 441-450.
- Atwood, D.A. & Coy, W.A. (1971) Clinical, cephalometric, and densitometric study of reduction of residual ridges. *Journal of Prosthetic Dentistry* **26**, 280-295.
- Balshi, S., Allen, F., Wolfinger, G., Balshi, T., (2005) A resonance frequency analysis assessment of maxillary and mandibular immediately loaded implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* **20**(4): 584-94.
- Balshi, S., Wolfinger, G., Balshi, T., (2005) A prospective study of immediate functional loading, following the Teeth in a Day protocol: a case series of 55 consecutive edentulous maxillas. *Clin Implant Dent Relat Res.* **7**(1): 24-31.
- Barewal, R., Oates, T., Meredith, N., Cochran, D., (2003) Resonance frequency measurement of implant stability in vivo on implants with a sandblasted and acid-etched surface. *Int J Oral Maxillofac Implants* **18**(5): 641-51.
- Barone, A., Covani, U., Cornelini, R., Gherlone, E., (2003) Radiographic bone density
- Barzilay, I., Graser, G.N., Iranpour, B., Natiella, J.R. & Proskin, H.M. (1996) Immediate implantation of pure titanium implants into extraction sockets of *Macaca fascicularis*. Part II: Histologic observations. *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* **11**, 489-497.

- Becker, W., Becker, B.E., Handelsman, M., Ochsenbein, C. & Albrektsson, T. (1991) Guided tissue regeneration for implants placed into extraction sockets: a study in dogs. *Journal of Periodontology* 62, 703-709.
- Becker W., Becker BE., Polizzi G., Bergström C. Autogenous bone grafting of bone defects adjacent to implants placed into immediate extration sockets in patients: A prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994; 94:384-396.
- Becker, W., Becker, B.E., Israelson, H., Lucchini, J.P., Handelsman, M., Ammons, W., Rosenberg, E, Rose, L., Tucker, L.M. & Lekholm, U. (1997) One-step surgical placement of Brånemark implants: a prospective multicenter clinical study. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 12,454-62.
- Becker, W. (2006) Immediate implant placement: treatment planning and surgical steps for successful outcomes. *British Dental Journal* 4, 199-205.
- Becker, W., Wikesio, U.M., Sennerby, L., Oahash, M., Hujoel, P., Goldstein, M. & Turkvilmaz, (2006) Histologic evaluation of implants following flapless and flapped surgery: a study in canines. *Journal of Periodontology* 77, 1717-1722.
- Berglundh, T., Lindhe, J., Ericsson, I., Marinello, C.P., Liljenberg, B. & Thomsen, P, (1991) The soft tissue barrier at implants and teeth. *Clinical Oral Implants Research* 2, 81-90.
- Berglundh, T., Lindhe, J., Marinello, C.P., Ericsson, I., & Liljenberg, B. (1992) Soft tissue reaction de novo plaque formation on implants and teeth. An experimental study in the dog. *Clinical Oral Implants Research* 3, 1-8.
- Berglundh, T., Lindhe, J., Jonsson, K. & Ericsson, I. (1994) The topography of the vascular systems in the periodontal and peri-implant tissues in the dog. *Journal Clinical of Periodontology* 21,189-193.

- Berglundh, T. & Lindhe, J. (1996) Dimension of the periimplant mucosa. Biological width revisited. *Journal Clinical of Periodontology* 23, 971-973.
- Berglundh, T., Abrahamsson, I., Lang, NP, Lindhe, J., (2003) De novo alveolar bone formation adjacent to endosseous implants. *Clin Oral Implants Res*, 14: 251-62.
- Berglundh, T., Abrahamsson, I., Lindhe, J. (2005) Bone reactions to longstanding functional load at implants: an experimental study in dogs. *Journal of Clinical Periodontology* 32, 925-932.
- Berglundh, T., Abrahamsson, I., Welander, M., Lang, N.P. & Lindhe, J. (2007) Morphogenesis of the peri-implant mucosa: an experimental study in dogs. *Clinical Oral Implants Research* 18, 1-8.
- Bernard, J.P., Belser, Martinet, J.P. & Borgis, S.A. (1995) Osseointegration of Brånemark fixtures using a single-step operating technique. A preliminary prospective one-year study in the edentulous mandible. *Clinical Oral Implants Research* 6, 122-9.
- Bischof, M., Nedir, R., Szmukler – Moncler, S., Bernard, J., Samson, J., (2004) Implant stability measurement of delayed and immediately loaded implants during healing. *Clin Oral Implants Res*. 15(5): 529-39
- Blanco, J., Nuñez, V., Aracil, L., Muñoz, F. & Ramos, I. (2008) Ridge alterations following immediate implant placement in the dog: flap versus flapless surgery *Journal of Clinical Periodontology* 35, 640-648.
- Bloom, W. and Fawcett, D.W. (1994) A textbook of histology. New York and London: Chapman and Hall.
- Bodner, L., Dayan, D., Rothchild, D. & Hammel, I. (1991) Extraction wound healing in desalivated rats. *Journal of Oral Pathology & Medicine* 20, 176-178.

- Botticelli, D., Berglundh, T., Buser, D. & Lindhe, J. (2003a) Appositional bone formation in marginal defects at implants. *Clinical Oral Implants Research* 14, 1-9
- Botticelli, D., Berglundh, T., Buser, D. & Lindhe, J. (2003b) The jumping distance revisited. *Clinical Oral Implants Research* 14, 35-42.
- Botticelli, D., Berglundh, T. & Lindhe, J. (2004a) The influence of a biomaterial on the closure of a marginal hard tissue defect adjacent to implants. An experimental study in the dog. *Clinical Oral Implant Research* 15, 285-292.
- Botticelli, D., Berglundh, T. & Lindhe, J. (2004b) Resolution of bone defects of varying dimension and configuration in the marginal portion of the peri-implant bone. An experimental study in the dog. *Journal Clinical of Periodontology* 31, 309-317.
- Botticelli, D., Berglundh, T. & Lindhe, J. (2004c) Hard-tissue alterations following immediate implant placement in extraction sites. *Journal Clinical of Periodontology* 31, 820-828.
- Botticelli, D., Berglundh, T., Persson, L.G. & Lindhe, J. (2005) Bone regeneration at implants with turned or rough surfaces in self-contained defects. An experimental study in the dog. *Journal Clinical of Periodontology* 32,448-455.
- Botticelli, D., Persson, L.G., Lindhe, & Berglundh, T. (2006) Bone tissue formation adjacent to implants placed in fresh extraction sockets: an experimental study in dogs. *Clinical Oral Implants Research* 17, 351-358.
- Boyne, P.J. (1966) Osseous repair of the postextraction alveolus in man. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology* 21, 805-813.
- Boyde, A. and Jones, S. J. (1972). Scanning electron microscopic studies of the formation of mineralized tissues. In: *Developmental Aspects of Oral Biology*,

Slavkin, H.C. and Bavetta, L.A. (eds.). Academic Press, Inc. New York, pp. 243-274.

- Brägger, U., Pasqualli, L. & Kornman, K. S. (1988) Remodeling of interdental alveolar bone after periodontal flap procedure assessed by means of computer-assisted densitometer image analysis (CADIA). *Journal of Clinical Periodontology* **15**, 558–564.
- Brägger, U., Hämmerle, C.H.F., Lang, N.P. (1996) Immediate transmucosal implants using the principle of guided tissue regeneration. II. A cross-sectional study comparing the clinical outcome 1 year after immediate to standard implant placement. *Clinical Oral Implants Research* **7**, 268-276.
- Brånemark, P.-I., Hansson, B.O., Adell, R., et al., (1977) Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg*, **16**: 1-132.
- Brånemark, P.-I. (1985) Introduction to osseointegration. En *Tissue-integrated Prostheses: Osseointegration in Clinical Dentistry*. Brånemark, P.-I., Zarb, G.A. & Albrektsson, T. (Eds.), Quintessence, Chicago, pps. 11-76.
- Brånemark P.-I. Introducción a la Osseointegración; en *Prótesis Tejido-integradas*. Brånemark, Zarb y Albrektsson 1987; cap. 1 PP 11-76. Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin.
- Brunski, J., Moccia, A., Pollack, S., Korostoff, E., Trachtenberg, D., (1979) The influence of functional use of endosseous dental implants on the tissue-implant interface. I. Histological aspects. *J Dent Res*, **58**: 1953-1969.
- Burger, E. H. and Klein-Nulend, J. (1999). Mechanotransduction in bone - role of the lacuno-canalicular network. *FASEB J.* **13** (S): S101-S112.

- Buser, D., Bragger, U., Lang, N.P. & Nyman, S. (1990) Regeneration and enlargement of jaw bone using guided tissue regeneration. *Clinical Oral Implants Research* 1, 22-32.
- Buser, D., Weber, H.P., & Lang, N.P. (1990) Tissue integration of non-submerged implants. 1-year results of a prospective study with 100 ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants. *Clinical Oral Implants Research* 1, 33-40.
- Buser, D., Schenk, R.K., Steinemann, S., Fiorellini, J. P., Fox, C.H. & Stich, H. (1991) Influence of surface characteristics on bone integration of titanium implants: A histometric study in miniature pigs. *Journal of Biomedical Materials Research* 25, 889-902.
- Buser, D., Belser, U.C. & Lang, N.P. (1998) The original one-stage dental implant system and its clinical application. *Periodontology* 2000. 17. 106-118.
- Buser, D., Martin, W. & Belser, (2004) Optimizing esthetics for implant restorations in the anterior maxilla: anatomic and surgical considerations, *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 19 (Suppl.), 43-61.
- Camargo, P.M., Lekovic, V., Weinlaender, M., Klokkevold, P.R., Kenney, E.B., Dimitrijevic, B., Nedic, M., Jancovic, S. & Orsini, M. (2000) Influence of bioactive glass on changes in alveolar process dimensions after exodontia. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* 90, 581-586.
- Canadian Council on animal care (1998) Normas para la cirugía en animales de experimentación, Vol 1 (2ª edición). <http://www.ccac.ca>
- Cannizzaro G, Leone M. Restoration of partially edentulous patients using dental implants with a microtextured surface: a prospective comparison of delayed and immediate full occlusal loading. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 2003;**18**(4):512-22.

- Cannizzaro, G., Leone, M., Esposito, M., (2007) Immediate functional loading of implants placed with flapless surgery in the edentulous maxilla: 1 year follow-up of a single cohort study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 22(1): 87-95.
- Cannizzaro, G., Leone, M., Consolo, U., Ferri, V., Esposito, M., (2008) Immediate functional loading of implants placed with flapless surgery versus conventional implants in partially edentulous patients: a 3-year randomized controlled clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 23(5): 867-75.
- Cardaropoli, G., Araújo, M. & Lindhe, J. (2003) Dynamics of bone tissue formation in tooth extraction sites. An experimental study in dogs. *Journal of Clinical Periodontology* 30, 809-818.
- Cardaropoli, G., Araújo, M., Hayacibara, R., Sukekava, F. & Lindhe, (2005) Healing of extraction sockets and surgically produced –augmented and non-augmented– defects in the alveolar ridge. An experimental study in the dog. *Journal of Clinical Periodontology* 32, 435-440.
- Carlsson, G.E., Bergman, B. & Hedegard, B. (1967) Changes in contour of the maxillary alveolar process under immediate dentures. A longitudinal clinical and x-ray cephalometric study covering 5 years. *Acta Odontologica Scandinavica* 25, 45-75
- Carmichael, R.P., Apse, P., Zarb, G.A. & McCulloch, C.A.G. (1989). Biological, microbiological and clinical aspects of the peri-implant mucosa. En *The Brånemark Osseointegrated Implant*. Albrektsson, T., Zarb, G.A, (Eds.), Quintessence, Chicago, pps. 39-78.
- Cate, A. R. T. (1998). *Bone: Oral Histology: Development, Structure and Function*. St. Louis: Mosby, pp. 104-127.

- Chen ST., Wilson TG., Hämmerle C. Immediate or early placement of implants following tooth extraction: review of biologic basis, clinical procedures and outcomes. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004; 19:12-28.
- Chen, S.T., Darby, I.B. & Reynolds, E.C. (2007) A prospective clinical study of non-submerged immediate implants: clinical outcomes and esthetic results. *Clinical Oral Implants Research* 18, 2-562:
- Chen S, Buser D. Implanten in post-extraction sites: A literature update. In Buser D, Belser U; ITI. *Treatment Guide. Vol 3: Implanten in extractions sockets*. Berlin: Quintessence, 2008.
- Chen S, Buser D. Clinical and esthetic outcomes of implants placed in postextraction sites. *Int J Oral Maxillofacial Implants* 2009 (suppl): 186-217.
- Chiapasco M, Abati S, Romeo E, Vogel G. Implant-retained mandibular overdentures with Brånemark System MKII implants: a prospective comparative study between delayed and immediate loading. *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 2001; 16(4):537-46.
- Chiapasco M. Early and immediate restoration and loading of implants in completely edentulous patients. *The International journal of oral & maxillofacial implants*. 2004; 19 Suppl:76-91.
- Cho, M.I. & Garant, P.R. (2000) Development and general structure of the periodontium. *Periodontology* 2000 24, 9-27.
- Cochran, D.L.& Mahn, D. (1992) Dental implants and regeneration. Part I. Overview and biological considerations. *Clark's Clinical Dentistry* 59,1-7.
- Cochran, D.L., Nummikowski, P.V., Higginbottom, F.L., Hermann, J.S., Makins, S.R. & Buser, D. (1996) Evaluation of an endosseous titanium implant with a sandblasted, acid etched surface in the canine mandible: Radiographic results. *Clinical Oral Implants Research* 7, 240-52.

- Cochran, D.L., Hermann, J.S., Schenk, R.K., Higginbottom F.L., & Buser, D. (1997) Biologic width around titanium implants. A histometric analysis of the implanto-gingival junction around unloaded and loaded nonsubmerged implants in the canine mandible. *Journal of Periodontology* 68, 186-198.
- Cochran, D.L., Schenk, R.K., Lussi, A., Higginbottom, F.L. Buser, D. (1998) Bone response to unloaded and loaded titanium implants with a sand-blasted and acid-etched surface: A histometric study in the canine mandible. *Journal of Biomedical Materials Research* 40, 1-11.
- Cochran, D.L. (2000). The scientific basis for and clinical experiences with Straumann implants including the ITI® Dental Implant System: a consensus report. *Clinical Oral Implants Research* 11(Suppl.), 33-58.
- Cochran DL, Morton D, Weber HP. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding loading protocols for endosseous dental implants. *The International journal of oral & maxillofacial implants*. 2004; 19 Suppl: 109-13.
- Collaert, B., De Bruyn, H., (2008) Immediate functional loading of Tioblast dental implants in full – arch edentulous maxillae: a 3 year prospective study. *Clin Oral Implants Res*, 19(12): 1254-60.
- Cooper LF, Rahman A, Moriarty J, Chaffee N, Sacco D. Immediate mandibular rehabilitation with endosseous implants: simultaneous extraction, implant placement, and loading. *The International journal of oral & maxillofacial implants*. 2002 Jul- Aug;17(4):517-25.
- Cornellini R, Scarano A, Covani U, Petrone G, Piattelli A. Immediate one-stage postextraction implant: a human clinical and histologic case report. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2000 May-Jun;15(3):432-7.

- Cornellini, R., Cangini, F., Covani, U., Barone, A., Buser, D., (2004) Immediate restoration of single – tooth implants in mandibular molar sites: a 12 month preliminary report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 19(6): 855-60.
- Cornellini, R., Cangini, F., Covani, U., Barone, A., Buser, D., (2006) Immediate loading of implants with 3 unit fixed partial dentures: a 12 month clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 21(6): 914-8.
- Crespi, R., Capparè, P., Gherlone, E., Romanos, G., (2007) Immediate occlusal loading of implants placed in fresh sockets after tooth extraction. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 22(6): 955-62.
- Crespi, R., Capparè, P., Gherlone, E., Romanos, G., (2008) Immediate versus delayed loading of dental implants placed in fresh extraction sockets in the maxillary esthetic zone: a clinical comparative study. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 23(4): 753-8.
- Da Cunha, H., Francischone, C., Filho, H., De Oliveira, R., (2004) A comparison between cutting torque and resonance frequency in the assessment of primary stability and final torque capacity of standard and Tiunite single-tooth implants under immediate loading. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 19(4): 578-85.
- Davies, J.E. (1999) Mecanismos de integración endoósea. *Revista Internacional de Prótesis Estomatológica* 1, 229-238.
- De Bruyn, H., Van de Velde, T., Collaert, B., (2008) Immediate functional loading of TiOblast dental implants in full-arch edentulous mandibles: a 3-year prospective study. *Clin Oral Implants Res*, 19(7): 717-23.
- De Smet, E., Jaecques, S., Vandamme, K., Vander Sloten, J., Naert I, (2005) Positive effect of early loading on implant stability in the bi – cortical guinea – pig model. *Clin Oral Implants Res*. 16(4): 402-7.

- Degidi, M., Scarano, A., Piezzi, G., Piattelli, A., (2003) Periimplant bone in immediately loaded titanium implants: histologic and histomorphometric evaluation in human. A report of two cases. *Clin Implant Dent Relat Res*, 5: 170-5.
- Degidi M, Piattelli A. Immediate functional and non-functional loading of dental implants: a 2- to 60-month follow-up study of 646 titanium implants. *Journal of periodontology*. 2003 Feb; 74(2):225-41.
- Degidi, M., Scarano, A., Petrone, G., Piattelli, A., (2003) Histologic analysis of clinically retrieved immediately loaded titanium implants: a report of 11 cases. *Clin Implant Dent Relat Res*, 5: 89-93.
- Degidi, M., Scarano, A., Piattelli, M., Piattelli, A., (2004) Histologic evaluation of an immediately loaded titanium implant retrieved from a human after 6 months in function. *J Oral Implantol*, 30(5):289-96.
- Degidi, M., Scarano, A., Iezzi, G., Piattelli, A., (2005) Histologic analysis of an immediately loaded implant retrieved after 2 months. *J Oral Implantol*, 31(5): 247-54.
- Degidi, M., Perrotti, V., Piattelli, A., (2006) Immediately loaded titanium implants with a porous anodized surface with at least 36 months of follow-up. *Clin Implant Dent Relat Res*, 8(4): 169-77.
- Degidi, M., Piattelli, A., Gehrke, P., Carinci, F., (2006) Clinical outcome of 802 immediately loaded 2 stage submerged implants with a new grit – blasted and acid – etched surface: 12 month follow – up. *Int J Oral Maxillofac Implants* 21(5): 763-8.
- Degidi, M., Piattelli, A., Carinci, F., (2007) Immediate loaded dental implants: comparison between fixtures inserted in postextractive and healed bone sites. *J Craniofac Surg*, 18(4): 965-71.

- Degidi, M., Piattelli, A., Iezzi, G., Carinci, F., (2007) Retrospective study of 200 immediately loaded implants retaining 50 mandibular overdentures. *Quintessence Int*, 38(4): 281-8.
- Degidi, M., Iezzi, G., Perrotti, V., Piattelli, A., (2008) Comparative analysis of immediate functional loading and immediate nonfunctional loading to traditional healing periods: a 5 year follow – up of 550 dental implants. *Clin Implant Dent Relat Res*.
- Degidi M, Piattelli A, Shibli JA, Perrotti V, Iezzi G. Bone formation around immediately loaded and submerged dental implants with a modified sandblasted and acid-etched surface after 4 and 8 weeks: a human histologic and histomorphometric analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2009 Sep-Oct;24(5):896-901.
- Donath, K. (1993) Preparation of Histological Sections by the Cutting-Grinding Technique for Hard Tissue and other Material not suitable to be sectioned by routine methods - Equipment and Methodological Performance-. EXAKT-Kulzer-Publication, Norderstedt.
- Drago, CJ., Lazzara, RJ., (2006) Immediate occlusal loading of Osseotite implants in mandibular edentulous patients: a prospective observational report with 18-month data. *J Prosthodont*, 15(3): 187-94.
- Enlow, D. H. (1982). *Handbook of facial growth*. (2nd edition) Philadelphia, London, Toronto. W.B. Bibliografia Saunders Company.
- Enlow, D. H. and Hans, M. G. (1996). *Essentials of Facial Growth*. W.B. Saunders Company, Philadelphia, USA.
- Ericsson, I., Randow, K., Glantz, P. O., Lindhe, J. & Nilner, K. (1994) Clinical and radiographical features of submerged and nonsubmerged titanium implants, *Clinical Oral Implants Research* 5, 185-189.

- Ericsson, I., Nilner, K., Klinge, B. & Glantz, P.O. (1996) Radiographical and histological characteristics of submerged and nonsubmerged titanium implants. An experimental study in the Labrador dog. *Clinical Oral Implants Research* 7, 20-6.
- Esposito M, Grusovin MG, Willings M, Coulthard P, Worthington HV. Intervenciones para la reposición de dientes ausentes: diferentes momentos para la carga de implantes dentales (Revisión Cochrane traducida). En: La Biblioteca Cochrane Plus, 2008a. Número 2. Oxford: Update Software Ltd. Disponible en: <http://www.update-software.com>. (Traducida de The Cochrane Library, 2008 Issue 2. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.).
- Esposito MAB, Koukouloupoulou A, Coulthard P, Worthington HV. Intervenciones para el reemplazo para dientes que faltan: implantes dentales en alvéolos de extracción reciente (implantes inmediatos, inmediatos-tardíos y tardíos) (Revisión Cochrane traducida). En: *La Biblioteca Cochrane Plus*, 2008 Número 2. Oxford: Update Software Ltd. Disponible en: <http://www.update-software.com>. (Traducida de *The Cochrane Library*, 2008b Issue 2. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.).
- Esposito M, Grusovin MG, Willings M, Coulthard P, Worthington HV Interventions for replacing missing teeth: different times for loading dental implants. Cochrane Oral. Health Group, MANDEC, School of Dentistry, The University of Manchester, Manchester, UK. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, Issue 3, 2009 (Status in this issue: *Unchanged*). Copyright © 2009 The Cochrane Collaboration. Published by JohnWiley & Sons, Ltd. Published online: 21 January 2009 in Issue 1, 2009.
- Evian, C.I., Rosenberg, E. S., Cosslet, J.G. & Corn, H. (1982) The osteogenic activity of bone removed from healing extraction sockets in human. *Journal of Periodontology* 53, 81-85.

- Exakt Products Histology, Cutting and Grinding technique. In Sawing-Cutting-Grinding. http://www.exakt.de/en/st_saegen.htm
- Francillon-Viellot, H., de Buffrénil, V., Castanet, J., Géraudie, J., Meunier, F.J., sire, J.Y., Zylberbeg, L. and de Ricqlès, A. (1990). Microstructure and mineralization of vertebrate skeletal tissues. In: Skeletal Biomineralization: patterns, processes and evolutionary trends. Volume I. Joseph F. Carter, editor. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Fickl S, Zuhr O, Wachtel H, Bolz W, Huerzeler M. Tissue alterations after tooth extraction with and without surgical trauma: a volumetric study in the beagle dog. *J Clin Periodontol*. 2008 Apr; 35(4):356-63.
- Friberg, B., Sennerby, B., Linden, K., Grondhl, U., Lekholm, U., (1999) Stability measurements of one – stage Brånemark implants during healing in mandibles. A clinical resonance frequency analysis study. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 28: 297-303.
- Fritton, S.P., McLeod, K.J. & Rubin, C.T. (2000) Quantifying the strain history of bone: spatial uniformity and self-similarity of low-magnitude strains. *Journal of Biomechanics* **33**, 317–325.
- Frost, H. M. (1986). Intermediary organization of the skeleton. CRC Press, Boca Raton.
- Frost, H.M., (1987) Bone «mass» and the «mechanostat»: a proposal. *Anat Rec*, 219: 1-9.
- Frost, H. M. (1987). The mechanostat: A proposed pathogenetic mechanism of osteoporoses and the bone mass effects of mechanical and nonmechanical agents. *Journal of Bone and Mineral Research*: 73-85.

- Frost, H.M. (1992) The role of changes in mechanical usage set points in the pathogenesis of osteoporosis. *Journal of Bone and Mineral Research* 7, 253–261.
- Frost, H. M. (1994) Wolff's law and bone's structural adaptation to mechanical usage: an overview for clinicians. *The Angle Orthodontics* 64,175-188.
- Frost, H. M. (1996). Perspectives: a proposed general model of the "Mechanostat" (Suggestion from a new skeletal-biologic paradigm). *The Anatomical Record*. 244: 139-147.
- Galli, F., Capelli, M., Zuffetti, F., Testori, T., Esposito, M., (2008) Immediate non-occlusal vs. early loading of dental implants in partially edentulous patients: a multicentre randomized clinical trial. Peri-implant bone and soft-tissue levels. *Clin Oral Implants Res*, 19(6): 546-52.
- Ganeles J, Rosenberg MM, Holt RL, Reichman LH. Immediate loading of implants with fixed restorations in the completely edentulous mandible: report of 27patients from a private practice. *The International journal of oral & maxillofacial implants*. 2001 May-Jun; 16 (3):418-26.
- Ganeles J, Wismeijer D. Early and immediately restored and loaded dental implants for single-tooth and partial-arch applications. *The International journal of oral & maxillofacial implants*. 2004; 19 Suppl: 92-102.
- Gapski R, Wang HL, Mascarenhas P, Lang NP. Critical review of immediate implant loading. *Clinical oral implants research*. 2003 Oct; 14(5):515-27.
- Geddes, A. D. (1996). Animal models of bone disease. In J. P. Bilezikian, L. G. Raisz & G.A. Rodan (eds): *Principles of Bone Biology*, pp. 1343-1354. London Academic Press, San Diego.

- Gelb, D.A. (1993) Immediate implant surgery: Three-year retrospective evaluation of 50 consecutive cases. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry* 8, 338-399.
- Glauser, R., Sennerby, L., Meredith, N., Rée, A., Lundgren, A., Gottlow, J., Hämmerle, C., (2004) Resonance frequency analysis of implants subjected to immediate or early functional occlusal loading. Successful vs. failing implants. *Clin Oral Implants Res.* 15(4): 428-34.
- Glauser, R., Ruhstaller, P., Windisch, S., ZembIC, A., Lundgren, A., Gottlow, J., Hämmerle, CH., (2005) Immediate occlusal loading of Brånemark System Tiunite implants placed predominantly in soft bone: 4 year results of a prospective clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 7, 1: S52-9.
- Glauser, R., ZembIC, A., Hämmerle, CH., (2006) A systematic review of marginal soft tissue at implants subjected to immediate loading or immediate restoration. *Clin Oral Implants Res.* 2: 82-92.
- Glauser, R., ZembIC, A., Rushtaller, P., Windisch, S., (2007) Five-year results of implants with an oxidized surface placed predominantly in soft quality bone and subjected to immediate occlusal loading. *J Prosthet Dent*, 97(6 Suppl): S59-68.
- Gómez de Ferraris, M.E. & Campos, A. (2002) Periodoncio de inserción: cemento, ligamento periodontal y hueso alveolar. En *Histología y embriología bucodental*. Gómez de Ferraris, M.E. & Campos, A. (Eds.), Editorial Médica Panamericana S.A., Madrid (España), pps. 339-383.
- Gómez de SI, Tendillo C.F.J. (2001) Métodos de anestesia, analgesia y eutanasia. En *Ciencia y tecnología en protección y experimentación animal*. Zúñiga J.M., Tur M.J.A., Milocco S.N., Piñeiro R. (Eds.), McGraw-Hill Interamericana, Madrid (España), pps. 385-419.

- Gómez-Roman G, Schulte W., d'Hoedt B., Axman-Kremar D. The Frialit – 2 implants sytem: Five year clinical experience in single-tooth and immediate postextration applications. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;123:299-309.
- Gómez-Román, G., Kruppenbacher, M., Weber, H., Schulte, W. (2001) Immediate postextration implant placement with root-analog stepped implants: Surgical procedure and statistical outcome after 6 years. *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 16, 503-513.
- Gotfredsen, K., Rostrup, E, Hjorting-Hansen, E., Stoltze, K, Budtz-Jørgensen, E. (1991) Histological and histomorphometrical evaluation of tissue reactions adjacent to endosteal implants in monkeys. *Clínical Oral Implants Research* 2,30-37.
- Guida, D., Iezzi, G., Annunziata, M., Salierno, A., Iuorio, G., Costigliola, G., Piattelli, A., (2008) Immediate placement and loading of dental implants: a human histologic case report. *J Periodontol*, 79(3): 575-81.
- Güncü, M., Aslan, Y., Tümer, C., Güncü, G., Uysal, S., (2008) In – patient comparison of immediate and conventional loaded implants in mandibular molar sites within 12 months. *Clin Oral Implants Res*, 19(4): 335-41.
- Hall JA, Payne AG, Purton DG, Torr B. A randomized controlled clinical trial of conventional and immediately loaded tapered implants with screw-retained crowns. *International Journal of Prosthodontics* 2006; 19(1):17-9.
- Hämmerle, C., Chen, S., Wilson, T. (2004) Consensus statements and recommended clinical procedures regarding the placement of implants in extraction sockets. *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 19 (Suppl.) 26-28.

- Han, T. & Park, K. (2004) Aspectos quirúrgicos de los implantes dentales. En Periodontología Clínica, Newman, M., Takei, H. & Carranza, F. (Eds.), Mc Graw-Hill Interamericana, México, pps. 950-958.
- Hedegard, B. (1962) Some observations on tissue changes with immediate maxillary dentures. Deantal Practitioner 13, 70-78.
- Hedenqvist, P., Hellebrkers, L.J. (2003) Laboratory animal analgesia, anaesthesia and euthanasia. En Handbook. of Laboratory Animal Science. Hau, J., Van, H.G.L. (Eds.), CRC Press, USA, pps: 413-457.)
- Hennet, P. (1999) Anatomía y fisiología dentales de los pequeños carnívoros. En Manual de Odontología en pequeños animales. Crossley, D.A. & Penman, S. (Eds.), British Small Animal Veterinary Association, United Kigdom, pps. 129-142.
- Hermann, J. S., Buser, D., Schenk, R.K., Higginbottom, F.L. & Cochran, D.L. (2000) Biologic width around titanium implants. A physiologically formed and stable dimension over time. Clínica Oral Implants Research 11, 1-11.
- Hill, P. A. and Orth, M. (1998). Bone Remodelling. British Journal of Orthodontics. 25: 101-107.
- Horwitz, J., Zuabi, O., Peled, M., (2003) Resonance frequency analysis in immediate loading of dental implants. Refuat Hapeh Vehashinayim 20(3): 80-8, 104.
- Huebsch RF, Hansen LS. A histopathologic study of extration wounds in dogs. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1969;282:187-196.
- Huwiler MA, Pjetursson BE, Bosshardt DD, Salvi GE, Lang NP. Resonance frequency analysis in relation to jawbone characteristics and during early healing of implant installation. Huwiler MA, Pjetursson BE,

Bosshardt DD, Salvi GE, Lang NP. Clin Oral Implants Res. 2007 Jun;18(3):275-80. Epub 2007 Mar 12.

- Iasella, J.M, Greenwell, H., Miller, R.L., et al. (2003) Ridge preservation with freeze-dried bone allograft and a collagen membrane compared to extraction alone for implant site development: A clinical and histologic study in humans. *Journal of Periodontology* 74, 990-999. *International Journal of Prosthodontics* 11, 491-501.
- Iezzi, G., Pecora, G., Scarano, A., Perrotti, V., Piattelli, A., (2006) Histologic evaluation of 3 retrieved immediately loaded implants alter a 4 month period. *Implants Dent*, 15(3): 305-12.
- Jaffin RA, Kumar A, Berman CL. Immediate loading of implants in partially and fully edentulous jaws: a series of 27 case reports. *Journal of periodontology*. 2000 May;71(5):833-8.
- Jaffin, R., Kolesar, M., Kumar, A., Ishikawa, S., Fiorellini, J., (2007) The radiographic bone loss pattern adjacent to immediately placed, immediately loaded implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 22(2): 187-94.
- Jaime SJ, Oliveira RR, Muglia VA, Ribeiro RF (2010) The effects of different loading times on the bone response around dental implant: a histomorfometric study in dogs. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 25(3): 473-81.
- Johnson, K. (1963) A study of the dimensional changes occurring in the maxilla after tooth extraction. Part I. Normal healing. *Australian Dental Journal* 8, 428-433.
- Johnson, K. (1969) A study of the dimensional changes occurring in the maxilla following tooth extraction. *Australian Dental Journal* 14, 241-244.
- Joos, U., Büchter, A., Wiesmann, HP., Meyer, U., (2005) Strain driven fast osseointegration of implants. *Head Face Med*, 1: 16.

- Karabuda, C., Sandalli, P., Yaicin, S., Steflik, D.E. & Parr, G.R. (1999) Histologic and histomorphometric comparison of immediately placed hydroxyapatite-coated and titanium plasma-sprayed implants: a pilot study in dogs. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 14, 865-871.
- Knox, R., Caudill, R. & Meffert, R. (1991) Histologic evaluation of dental endosseous implants placed in surgically created extraction defects, *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry* 11, 365-376.
- Kohal, R.J., Hürzeler, M.B., Mota, L.F., Klaus, G., Caffesse, R.G. & Strub, J.R. (1997) Custom-made root analogue titanium implants placed into extraction sockets. An experimental study in monkeys. *Clinical Oral Implants Research* 8, 386-392.
- Kohler, Ch.A. & Ramfjord, S.P. (1960) Healing of gingival mucoperiosteal flaps. *Oral Surgery, Oral Medicine & Oral Pathology* 13, 89-103.
- Kuboki, Y., Hashimoto, F. & Ishibashi, K. (1988) Time-dependent changes of collagen crosslinks in the socket after tooth extractions in rabbits. *Journal of Dental Research* 67, 944-948.
- Lam, R.V. (1960) Contour changes of the alveolar processes following extraction. *Journal of Prosthetic Dentistry* 10, 25-32.
- Lang, N.P., Brägger, U., Hämmerle, C.H.F. (1994) Immediate transmucosal implants using the principle of guided tissue regeneration (GTR). 1. Rationale, clinical procedures, and 2 ^{1/2}-year results. *Clinical Oral Implants Research* 5, 154-163.
- Lang, N.P., Araújo, M. y Karting, T. (2005) Formación del hueso alveolar. En *Periodontología Clínica e Implantología Odontológica*. Lindhe, J., Karting, T. & Lang, N.P. (Eds.), Editorial Médica Panamericana S.A., Buenos Aires, pps. 907-939.

- Lekovic, V., Kenney, E.B., Weinlaender, M., Han, T., Klokkevold, P., Nedic, M. & Orsini, M. (1997) A bone regenerative approach to alveolar ridge maintenance following tooth extraction. Report of 10 cases. *Journal of Periodontology* 68, 563-570.
- Lekovic, V., Camargo, P.M., Klokkevold, P.R., Weinlaender, M., Kenney, E.B., Dimitrijevic, B. & Nedic, M. (1998) Preservation of alveolar bone in extraction sockets using bioabsorbable membranes. *Journal of Periodontology* 69, 1044-1049.
- Lian, J. B. and Stein, G. S. (1999). The cells of bone. In M. J. Seibel, S. P. Robins & J. P. Bilezikian (eds): *Dynamics of bone and cartilage metabolism*, pp. 165-185. Academic Press, San Diego.
- Lin, W.L., McCulloch, C.A. & Cho, M.I. (1994) Differentiation of periodontal ligament fibroblasts into osteoblasts during socket healing after tooth extraction in the rat. *Anatomical Records* 1240, 492-506.
- Lindeboom JA, Tjiook Y, Kroon FH. Immediate placement of implants in periapical infected sites: a prospective randomized study in 50 patients. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* 2006;**101**(6):705-10.
- Lindhe, J. & Berglundh, T. (2005) La inserción transmucosa. En *Periodontología Clínica e Implantología Odontológica*. Lindhe J. (Ed.), Editorial Médica Panamericana S.A., Buenos Aires, pps. 867-876.
- Lindhe, Karring, T. & Araújo, M. (2005) Anatomía del periodonto. En *Periodontología Clínica e Implantología Odontológica*. Lindhe, J., Karring, T. & N.P. (Eds.), Editorial Médica Panamericana S.A., Buenos Aires, pps. 3-50.

- Listgarten, M.A., Lang, N.P., Shroeder, H.E. & Schroeder, A. (1991) Periodontal tissues and their counterparts around endosseous implants. *Clinical Oral Implants Research* 2, 1-19.
- Lundgren, D., Rylander, H., Andersson, M., Johansson, C. & Albrektsson, T. (1992) Healing in of root analogue titanium implants placed in extraction sockets. An experimental study in the beagle dog. *Clinical Oral Implants Research* 3, 136-143.
- Mangano, C., Piattelli, A., Mangano, F., Perrotti, V. & Iezzi, G. (2009) Immediate loading of modified acid etched dental implants in postextraction sockets: A histological and histomorphometrical comparative study in nonhuman primate *papiu ursinus*. *Implant Dentistry* 18, 142-150.
- Marks, S. C. and Popoff, S. N. (1988). Bone cell biology: the regulation of development, structure, and function in the skeleton. *American Journal of Anatomy*. 183: 1- 44.
- Marks, S. C. and Herney, D. C. (1996). The structure and development of bone. In J. P. Bilezikian, L. G. Raisz & G.A. Rodan (eds): *Principles of Bone Biology*, pp. 3-14. London Academic Press, San Diego.
- Martin, R. B., Burr, D. B. and Sharkey, N. A. (1998). *Skeletal tissue mechanics*. New York: Springer-Verlag.
- Martin, R. B. (2000). Toward a unifying theory of bone remodeling. *Bone*. 26: 1-6.
- Matsuzaka, K., Nakajima, Y., Soejima, Y., Kido, H., Matsuura, M., Inoue, T., (2007) Effect on the amount of bone – implant contact when splinting immediate – loaded dental implants. *Implant Dent*, 16(3):309-16.

- Mayfield LJA. Immediate delayed and late submerged and transmucosal implants. In Lindhe J (ed). Proceedings of the 3rd European Workshop on Periodontology: Implants Dentistry. Berlin: Quintessenz, 1999:520-534.
- Meredith, N., Alleyne, D., Cawley, P., (1996) Quantitative determination of the stability of the implant – tissue interface using resonance frequency analysis. Clin Oral Implant Res. 7: 261-267.
- Meredith, N., Book, K., Friberg, B., Jemt, Sennerby, L., (1997) Resonance frequency measurements of implant stability in vivo. A cross – sectional and longitudinal study of the resonance frequency measurements on implants in the edentulous and partially dentate maxilla. Clin Oral Implant Res. 8: 226-233.
- Meredith, N., Shagaldi, F., Alleyne, D., Sennerby, L., Cawley, P., (1997) The application of resonance frequency measurements to study the stability of titanium implants during healing in the rabbit tibia. Clin Oral Implant Res. 8: 234-243.
- Meredith N. Assesment of implant stabiloity as a prognostic determinant. Int J Prosthodont 1998; 11: 491-501.
- Merli, M., Bernardelli, F., Esposito, M., (2008) Immediate versus early nonocclusal loading of dental implants placed with a flapless procedure in partially edentulous patients: preliminary results from a randomized controlled clinical trial. Int J Periodontics Restorative Dent, 28(5): 453-9.
- Meyer, U., Wiesmann, HP., Fillies, T., Joos, U., (2003) Early tissue reaction at the interface of immediately loaded dental implants. Int J Oral Maxillofac Implants, 18: 489-499.
- Meyer, U., Joos, U., Mythili, J., y cols. (2004) Ultrastructural charactirization of the implant/bone interface of immediately loaded dental implants. Biomaterioals, 25: 1959-67.

- Morton D, Jaffin R, Weber HP. Immediate restoration and loading of dental implants: clinical considerations and protocols. *The International journal of oral & maxillofacial implants*. 2004;19 Suppl:103-8.
- Nanci, A. & Somerman, M. J. (2003) Periodontium. En *Ten Cate's Oral Histology Development, structure and function*. Nanci, A. (Ed.), Mosby, St Louis (USA), pps. 240-274.
- Nanci, A., Whitson, S.W. & Bianco, P. (2003) Bone. En *Ten Cate's Oral Histology: Developments, structure and function*. Nanci, A. (Ed.), Mosby, St Louis (USA), pps, 111-144.
- Neugebauer, J., Traini, T., Thams, U., Piattelli, A., Zöller, JE., (2006) Peri-implant bone organization under immediate loading state. Circularly polarized light analyses: a minipig study. *J Periodontol*, 77(2): 152-60.
- Neugebauer, J., Iezzi, G., Perrotti, V., Fischer, J., Khoury, F., Piattelli, A., Zoeller, J., (2009) Experimental immediate loading of dental implants in conjunction with grafting procedures. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*.
- Nkenke, E., Hahn M, Weinzier K et al. Implant stability and Histomorfometry: a correlation study in human cadavers using stepped cylinder implants. *Clin Oral Implt Res* 14 2003 601-609.
- Nkenke, E., Lehner, B., Weinzierl, K., Thams, U., Neugubauer, J., Steveling, H. Bone contact, growth, and densety around immediately loaded implants in the mandible of mini pigs. *Clin Oral Impl Res*. 14.2003: 312-321.
- Nkenke, E., Lehner, B., Fenner, M., Roman, F., Thams, U., Neukam, F., Radespiel – Tröger, M., (2005a) Immediate versus delayed loading of dental implants in the maxillae of minipigs: follow – up of implant stability and implant failures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 20(1): 39-47.

- Nkenke, E., Fenner, U., Neukam, F., Radespiel – (2005b) Immediate versus delayed loading of dental implants in the maxillae of minipigs. Part II: histomorfometric analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 20: 540-546.
- Nobuto. T., Suwa, F., Kono, T., Taguchi, Y., Takahashi, T., Kanemura, N., Terada, S. & Imai, H. (2005) Microvascular response in the periosteum following mucoperiosteal flap surgery in dogs: angiogenesis and bone resorption and formation. *Journal of Periodontology* 76, 1346-1353.
- O Sullivan. A comparison of two methods of enhancing implant primary stability. *Cin Implant Dent Relat Res.* 2004
- Oh, T., Shotwell, J., Billy, E., Wang, H., (2006) Effect of flapless implant surgery on soft tissue profile: a randomized controlled clinical trial. *J Periodontol*, 77(5): 874-82.
- Ohta Y. (1993) Comparative changes in microvasculature and bone during healing of implant and extraction sites. *Journal of Oral Implantology* .193, 184-198.
- Osbom, J.F. & Newesley, H. (1980) Dynamics aspects of the implant-bone interface. En *Dental Implants-Materials and Systems*. Heimke, G. (Ed.), Carl Hanser, Munich, pps.111-123.
- Östman, P. O., Hellman, M. & Sennerby, L. (2005) Direct implant loading in the edentulous maxilla using a bone density-adapted surgical protocol and primary implant stability criteria for inclusion. *Clinical Implant Dentistry and Related Research* 7, 60-69.
- Östman, P. O. (2008) Immediate/early loading of dental implants. Clinical documentation and presentation of a treatment concept. *Periodontology* 2000 47, 90-112.

- Ostman, P., Hellman, M., Sennerby, L., (2008) Immediate occlusal loading of implants in the partially edentate mandible: a prospective 1 year radiographic and 4 year clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 23(2):315-22.
- Ott, S. M. (1996). Theoretical and methodological approach. In J. P. Bilezikian, L. G. Raisz & G. A. Rodan (eds): *Principle of Bone Biology*, pp. 231- 241. London Academic Press, San Diego.
- Palacín, J. (2001) Instalaciones de animales de laboratorio. En *Introducción a la experimentación con animales*. Rodríguez, J., Hernández, M.D. y Costa, J. (Eds.), Universidad de Murcia, Servicio de Publicaciones, pps. 29-69.
- Paolantonio M, Dolci M, Scarano A, et al. Immediate implantation in fresh extraction sockets. A controlled clinical and histological study in man. *J Periodontol* 2001; 72(11): 1560-1571.
- Parfitt, A. M. (1982). The coupling of bone formation to bone resorption: a critical analysis of the concept and of its relevance to the pathogenesis of osteoporosis. *Metab. Bone Dis. Relat. Res.* 4: 1-6.
- Parr, G.R., Steflik, D.E. & Sisk A.L. (1993) Histomorphometric and histologic observations of bone healing around immediate implants in dogs. *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 8, 534-540.
- Peñarrocha, M., Sanchís, J.M., & Oltra, M.J. (2001) Procedimiento quirúrgico básico, En *Implantología oral*. Peñarrocha, M Guarinos, J & Sanchos, J.M. (Eds.), Ars Médica, Barcelona (España), pps. 53-73.
- Piatelli, A., Ruggieri, A., Franchi, M., Romasco, N., Trisi, P., (1993) An Histologic and histomorphometric study of bone reactions to unloaded and loaded non submerged single implants in monkeys: A pilot study. *J Oral Implant*, 19: 314-320.

- Piatelli, A., Trisi, P., Romasco, N., Emanuelli, M., (1993) Histologic análisis of a screw implant retrieved from man: influence of early loading and primary stability. *J Oral Implantol*, XIX: 303-6.
- Piatelli, A., Paolantonio, M., Corigliano, M., Scarano, A., (1997) Immediate loading of titanium plasma-sprayed screw-shaped implants in man: a clinical and histological report of two cases. *J Periodontol*, 68: 591-7.
- Piattelli, A., Corigliano, M., Scarano, A., Quaranta, M., (1997) Bone reactions to early occlusal loading of two-stage titanium plasma-sprayed implants: a pilot study in monkeys. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 17: 162-9.
- Piattelli, A., Corigliano, M., Costiggiola, G. & Paolantonio, M. (1998) Immediate loading of titanium plasma-sprayed implants: a histologic analysis in monkeys. *International Journal of Periodontology* **69**, 321–327.
- Pietrokovski, J. & Massler, M. (1967) Alveolar ridge resorption following tooth extraction. *Journal of Prosthetic Dentistry* 17, 21-27.
- Pietrokovski, J. (1975) The bony residual ridge in man. *Journal of Prosthetic Dentistry* 4, 456-462
- Polson, A.M., Meitner, S.W. & Zander, H.A. (1976) Trauma and progression of marginal periodontitis in squirrel monkeys. IV. Reversibility of bone loss due to trauma alone and trauma superimposed upon periodontitis. *Journal of Periodontal Research* 11, 290-298.
- Procedimientos quirúrgicos. En Información básica acerca de los procedimientos quirúrgicos con Straumann® Dental Implant System, pps. 30-37 <http://www.straumann.com>
- Quaranta, A., Piattelli, A., Scarano, A., Quaranta, M., Pompa, G., Iezzi, G., (2008) Light – microscopic evaluation of the dimensions of peri-implant mucosa

around immediately loaded and submerged titanium implants in monkeys. *J Periodontol*, 79(9):1697-703.

- Quirynen, M., Van Assche, Botticelli, D. & Berglundh, T. (2007) How does the timing of implant placement to extraction affect outcome?. *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 112, 205-209.
- Randow, K., Ericsson, I., Nilner, K., Petersson, A., Glantz, P., (1999) Immediate functional loading of Brånemark dental implants. An 18 month clinical follow-up study. *Clin Oral Imp Res*, 10: 8-15.
- Rasmusson L.. Stability assessments and histology of titanium implants placed with autogenous onlay bone in the rabbit tibia. *Int J Oral Maxillofacial surg* 1998.
- Recker, R. R. (1996). Biopsies. In J.P. Bilezikian, L. G. Raisz & G.A. Rodan (eds): *Principles of Bone Biology*, pp. 1333-1342. London Academic Press, San Diego.
- Robling, A. G. and Stout, S. D. (2000). Histomorphometry of human cortical bone: applications to age estimation. In M. A. Katzengerg & S. R. Saunders (eds): *Biological Anthropology of the Human Skeleton*, pp. 187-213. Wiley-Liss, Inc.
- Rocci, A., Martignoni, & Gottlow, J. (2003) Immediate loading in the maxilla using flapless surgery, implants placed in predetermined positions, and prefabricated provisional restorations: a retrospective 3-year clinical study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research* 5 (Suppl.) 1, 29-36.
- Rocci, A., Martignoni, M., Burgos, P., Gottlow, J., Sennerby, L., (2003) Histology of retrieved immediately and early loaded oxidized implants: light microscopic observations after 5 to 9 months of loading in the posterior mandible. *Clin Implant Dent Res*, 5 (Suppl 1): 88-98.

- Romanos G, Toh CG, Siar CH, Swaminathan D, Ong AH, Donath K, Yaacob H, Nentwig GH. Peri-implant bone reactions to immediately loaded implants. An experimental study in monkeys. *J Periodontol.* 2001 Apr;72(4):506-11.
- Romanos GE, Toh CG, Siar CH, Swaminathan D. Histologic and histomorphometric evaluation of peri-implant bone subjected to immediate loading: an experimental study with *Macaca fascicularis*. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2002 Jan-Feb;17(1):44-51.
- Romanos GE, Toh CG, Siar CH, Wicht H, Yacoob H, Nentwig GH. Bone-implant interface around titanium implants under different loading conditions: a histomorphometrical analysis in the *Macaca fascicularis* monkey. *J Periodontol.* 2003 Oct;74(10):1483-90.
- Romanos, GE., Nentwig, GH., (2006) Immediate versus delayed functional loading of implants in the posterior mandible: a 2-year prospective clinical study of 12 consecutive cases. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 26 (5): 459-69.
- Romeo E, Chiapasco M, Lazza A, Casentini P, Ghisolfi M, Iorio M, et al. Implant-retained mandibular overdentures with ITI implants: A comparison of 2-year results between delayed and immediate loading. *Clinical Oral Implants Research* 2002;13(5):495-501.
- Rompen, E, Domken, O Degidi, M., Pontes, A.E.F. & Piattelli A. (2006) The effect of material characteristics, of surface topography and of implant components and connections on soft tissue integration: a literature review. *Clinical Oral Implants Research* 17 (Suppl. 2), 55-67
- Rosenquist, B., Grenthe, B. (1996) Immediate placement of implants into extraction sockets: Implant survival. *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 11, 205-209.

- Sadler, T.W. (1991). Langman. Embriología médica. 5ª edición. Editorial Médica Panamericana, Williams and Wilkins, Baltimore.
- Saffar, J.L., Lasfargues, Cherruau, M. (1997) Alveolar bone and the alveolar process: the socket that is never stable. *Periodontology* 2000 13, 76-90.
- Sagara, M., Akagawa, Y., Nikai, H., Tsuru, H., (1993) The effects of early occlusal loading on one-stage titanium alloy implants in beagle dogs: a pilot study. *J Prosthet Dent*, 69: 281-8.
- Salama, H., Rose, L., Salama, M., Betts, N., (1995) Immediate loading of bilaterally splinted titanium root-form implants in fixed prosthodontics –a technique re-examined; two case reports. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*, 15: 344-361.
- Sanz M, Cecchinato D, Ferrus J, Lang N, Lindhe J. A prospective, randomized,-controlled clinical trial to evaluate bone preservation using implants with different geometry placed into extraction sockets in the maxila. *Clin Oral Impl Res* 21, 1010, 13-21. doi: io.IIIII/j.1600-0501.2009. 01824X.
- Schenk, R. & Buser, D. (2000) Osseointegration: a reality. *Periodontology* 2000 17, 22-35.
- Schincaglia, GP., Marzola, R., Giovanni, GF., Chiara, CS., Scotti, R., (2008) Replacement of mandibular molars with single-unit restorations supported by wide-body implants: immediate versus delayed loading. A randomized controlled study. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 23(3): 474-80.
- Schnitman, P., Wohrle, P., Rubenstein, J., Da Silva, J., Wang, N., (1997) Ten year results for Brånemark implants immediately loaded with fixed prostheses at implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implant*, 12: 495-503.

- Schroeder, Pholer, O. & Sutter, F. (1976) Tissue reaction to an implant of a titanium hollow cylinder with a titanium surface spray layer. *Schweizerische Monatsschrift für Zahnheilkunde* 86, 713-727.
- Schroeder, A., Stich, H., Straumann, F. & Sutter, F. (1978) The accumulation of osteocementum around a dental implant under physical loading. *Schweizerische Monatsschrift für Zahnheilkunde* 88, 1051– 1058.
- Schroeder, A., Zypen, E., Stich, H. & Sutter, F. (1981) The reactions of bone, connective tissue, and epithelium to endosteal implants with titanium-sprayed surfaces. *Journal of Maxillofacial Surgery* 9, 15-25.
- Schroeder, H.E. (1986) *The periodontium*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- Schropp, L., Kostopoulos, L. & Wenzel, A. (2003) Bone healing following immediate versus delayed placement of titanium implants into extraction sockets: a prospective clinical study. *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 18, 189-199.
- Schropp, L., Wenzel, A., Kostopoulos, L. & Karring, T. (2003) Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry* 23, 313-323.
- Schultze, W., Kleineikenscheidt, H., Linder, K. & Schareyka, R. (1978) The tübingen immediate implant in clinical studies. *Dtsch Zahnärztl Zeitschr* 33, 348-359.
- Schwartz-Arad D., Chaushu G. The ways and wherefores of immediate placement of implants in fresh extration sites: a literature review. *J Periodontol* 1997;69:915-923.

- Schwartz, A.D. & Chaushu, G. (1997) Placement of implants into fresh extraction sites: 4-7 years retrospective evaluation of 95 immediate implants. *Journal of Periodontology* 68, 110-116.
- Schwartz, A.D. & Chaushu, G. (1998) Immediate implant placement: a procedure without incisions. *Journal of Periodontology* 69, 743-750.
- Seeman, E. (2003). Periosteal bone formation – A neglected determinant of bone strength. *The New England Journal of Medicine*. 349: 320-323.
- Sennerby, L. & Meredith, N. (1998) Resonance frequency analysis: measuring implant stability and osseointegration. *Compendium of Continuing Education in Dentistry* 19, 500-502.
- Sennerby, L., Gottlow, J., (2008) Clinical outcomes of immediate/early loading of dental implants. A literature review of recent controlled prospective clinical studies. *Aust Dent J*, 1: S82-8.
- Siar CH, Toh CG, Romanos G, Swaminathan D, Ong AH, Yaacob H, et al. Periimplant soft tissue integration of immediately loaded implants in the posterior macaque mandible: a histomorphometric study. *Journal of periodontology*. 2003 May;74(5):571-8.
- Sim CP, Lang, N.P. (2009). Factors influencing resonance frequency analysis assessed by Ostell mentor during implant tissue integration: I. Instrument positioning, bone structure, implant length. *Clin Oral Implants Res*. 21(6): 598-604.
- Slaets, E., Naert, I., Carmeliet, G., Duyck, J., (2009) Early cortical bone healing around loaded titanium implants: a histological study in the rabbit. *Clin Oral Implants Res*. 20(2):126-34.
- Sperber, G.H. (1989) Early embryonic development. En *Craniofacial Embryology*, Sperber, G.H. (Ed.), Wright London, (England), pps. 7-30.

- Staffileno, H., Levy, S. & Gargiulo, A. (1966) Histologic study of cellular mobilization and repair following a periosteal retention operation via split thickness mucogingival flap surgery. *Journal of Periodontology* 37, 117-131.
- Stavropoulos, A., Nyengaard, J., Lang, N., Karring, T., (2008) Immediate loading of single SLA implants: drilling vs. osteotomes for the preparation of the implant site. *Clin Oral Implants Res.* 19(1):55-65.
- Stefan Peev. application of platelet-rich plasma as an accelerator of the secondary stability of immediaty loaded implants. *Ins Dent* 2007.
- Stentz, W.C., Mealey, B.L., Gunsolley, J.C. & Waldrop, T.C. (1997) Effects of guided bone regeneration around commercially pure titanium and hydroxyapatite-coated dental implants. II. Histologic analysis. *Journal of Periodontology*, 68, 933-949.
- Stevens, A. & Lowe, J. (2000) Hueso. En *Histología humana*. Alan Stevens & James S. Lowe. (Eds.), Harcourt, D.L., Madrid (España). Pps. 234-247.
- Straumann® Dental Implant System. En *Información básica acerca de los procedimientos quirúrgicos con Straumann® Dental Implant System*, pps. 2-9 <http://www.straumann.com>
- Suzuki, K., Aoki, K. & Ohya, K. (1997) Effects of surface roughness of titanium implants on bone remodeling activity of femur in rabbits. *Bone* **21**, 507–514.
- Suzuki, J., Misch, C., Sharawy, M., Sarnachiaro, O., Sarnachian, G., Mota, L., Arana, G., Gotta, S., Gotta, E., Bui, L., (2007) Clinical and histological evaluation of immediate – loaded posterior implants in nonhuman primates. *Implant Dent*, 16(2): 176-86.
- Szmukler-Moncler, S., Piattelli, A., Favero, G.A. & Dubruielle, J.H. (2000) Considerations preliminary to the application of early and immediate loading protocols in dental implantology. *Clinical Oral Implants Research* **11**, 12–25.

- Tallgren, A. (1972) The continuing reduction of the residual alveolar ridges in complete denture wearers: a mixed longitudinal study covering 25 years. *Journal of Prosthetic Dentistry* 27, 120-132.
- Tarnow, D., Emtiaz, S., Classi, A., (1997) Immediate loading of threaded implants at stage. Surgery in edentulous arches: ten consecutive case report with 1 to year data. *Int J Oral Maxillofac Impl.*, 12: 319-24.
- Tavtigian, R. (1970) The height of the facial radicular alveolar crest following apically positioned flap operation. *Journal of Periodontology* 41, 412-418.
- Ten Cate, A.R. (1985) The gingival junction. En *Tissue-integrated Prostheses: Osseointegration in Clinical Dentistry*. Brånemark P-I, Zarb, G.A., & Albrektsson, T. (Eds.), Quintessence, Chicago, pps. 145- 153.
- Ten Cate, A.R. (1997) The development of the periodontium - a largely ectomesenchymally derived unit. *Periodontology* 2000 13, 9-19.
- Tencer, A.F. Osteocompatibility (1999) En *Handbook of biomaterials evaluation: scientific, technical, and clinical testing of implant material*. Andreas F. von Recum, James M. Anderson (Eds.), Taylor & Francis, Philadelphia, pps. 539-566.
- Testori, T., Szmukler-Moncler, S., Francetti, L., y cols. (2001) Immediate loading of Osseotite implants: a case report and histologic analysis after 4 months of occlusal loading. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 21: 451-9.
- Testori, T., Galli, F., Capelli, M., Zuffetti, F., Esposito, M., (2007) Immediate nonocclusal versus early loading of dental implants in partially edentulous patients: 1-year results from a multicenter, randomized controlled clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 22(5): 815-22.
- Todescan, F.F., Pustiglioni, F.E., Imbronito, A.V., Albrektsson, T. & Gioso, M. (2002) Influence of the microgap in the peri-implant hard and soft tissues: a

histomorphometric study in dogs. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 17, 467-472.

- Traini, T., Pecora, G., Iezzi, G., Piatelli, A., (2006) Preferred collagen fiber orientation human peri-implant bone after a short-and long-term loading period: a case report. *J Oral Implantol*, 32(4): 177-81.
- Traini T, Neugebauer J, Thams, et al. Peri-implant bone organization under immediate loading conditions: collagen fiber orientation and mineral density analyses in minipig model. *Clin Implt Dent and Rel Res*. 11; 2009: 41-51.
- Väänaänen, K. (1996).Osteoclast function: biology and mechanisms. In J. P. Bilezikian, L. G. Raisz & G. A. Rodan (eds): *Principles of Bone Biology*, pp. 103- 114. London Academic Press, San Diego.
- Van Steenberghe, D. & Naert, I. (1998) 'The first two-stage dental implant system and its clinical application. *Periodontology* 2000 17, 89-95
- Veltri, M., Balleri, P., Ferrari, M., (2007) Influence of transducer orientation on Osstell stability measurements of osseointegrated implants. *Clin Implant Dent Relat Res*. 9(1): 60-4.
- Vignoletti F, de Sanctis M, Berglundh T, Abrahamsson I, Sanz M. Early healing of implants placed into fresh extraction sockets: an experimental study in the beagle dog. II: ridge alterations. *J Clin Periodontol*. 2009 Aug;36(8):688-97. Epub 2009 Jun 26.
- Von Ebner, V. (1875) Ueber den feineren Bau der Knochensubstanz. S.-B. Akad. Wiss. Wien, math. –nat. Kl., 72, 49-183.
- Warrer, K., Gotfredsen, K., Hjorting-Hansen, E. & Karring, T. (1991) Guided tissue regeneration ensures osseointegration of dental implants placed into extraction sockets: An experimental study in monkeys. *Clinical Oral Implants Research* 2, 166-171.

- Watzek G., Haider R., Mensdorff-Pouilly N., Haas R. Immediate and delayed implantation for complete restoration of the jaw following extraction of all residual teeth: A retrospective study comparing different types of serial immediate implantation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;105:561-567.
- Weber, H.P., Buser, D., Donath, K., Fiorellini, J.P., Doppalapudi, V., Paquette, & Williams, (1996) Comparison of healed tissues adjacent to submerged and nonsubmerged unloaded titanium dental implants. *Clinical Oral Implants Research* 7,11-19.
- Weber HP, Morton D, Galluci, Rocuzzo M, Cordaro L, Grüter L Consensus statements and recommended clinical procedures, regarding loading, protocols. *Int Journal Oral and Maxillofacial Implants*. 2009.24, suppl. 180-183.
- Wilderman, M.N., Wentz, F.M. & Orban, B.J. (1960) Histogenesis of repair after mucogingival surgery. *Journal of Periodontology* 31, 283-299.
- Wilderman, M.N. (1963) Repair after a periosteal retention procedure. *Journal of Periodontology* 34, 487-503.
- Wilson. & Weber, H.P. (1993) Classification of and therapy for areas of deficient bony housing prior to dental implant placement. *The International Journal of Periodontics Restorative Dentistry* 13, 451-459.
- Wilson, T.G., Schenk, R., Buser, D. & Cochran D. (1998) Implants placed in immediate extraction sites: a report of histologic and histometric analyses of human biopsies. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 13, 333-341.
- Wolff, J., (1982) *Das Gesetz der Transformation der Knochen*. Berlin: Hirschwal.
- Wolf, H.F., Edith, M. & Rateitschak, K.H. (2005) Operaciones de colgajo. Tratamiento a cielo abierto. En *Periodoncia*. Wolf, H.F., Edith, M. & Rateitschak, K.H. (Eds.), Masson S.A. Barcelona (España), pps. 303-322.

- Wolfinger GJ, Balshi TJ, Rangert B. Immediate functional loading of Brånemark system implants in edentulous mandibles: clinical report of the results of developmental and simplified protocols. *The International journal of oral & maxillofacial implants*. 2003 Mar-Apr;18(2):250-7.
- Wood, D.L., Hoag, P.M., Donnenfeld, O.W. & Rosenberg, D.L. (1972) Alveolar crest reduction following full and partial thickness flaps. *Journal of Periodontology* 43, 141-144.
- Yaffe, A., Fine, N. & Binderman, E. (1994) Regional accelerated phenomenon in the mandible following mucoperiosteal flap surgery. *Journal of Periodontology* 65, 79-83.
- Yoo, RH., Chuang, SK., Erakat, MS., Weed, M., Dodson, TB., (2006) Changes in crestal bone levels for immediately loaded implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 21(2): 253-61.
- Yukna, R.A. (1991) Clinical comparison of hidroxyapatite-coated titanium dental implants placed in fresh extraction sockets and healed sites. *Journal of Periodontology* 62, 468-472.
- Zeren, K.J. (2006) Minimally invasive extraction and immediate implant placement: the preservation of esthetics. *The International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry* 26, 171-181.
- Zöllner, A., Ganeles, J., Korostoff, J., Gerra, F., Krafft, T., Brägger, U., (2008) Immediate and early non-occlusal loading of Straumann implants with a chemically modified surface (SLActive) in the posterior mandible and maxilla: interim results from a prospective multicenter randomized-controlled study. *Clin Oral Implants Res*, 19(5): 442-50.

ANEXO

Flapless immediate implant placement with or without immediate loading: a histomorphometric study in beagle dog

Juan Blanco¹, Antonio Liñares¹,
Gabriel Villaverde¹, Javier Pérez² and
Fernando Muñoz³

¹Department of Stomatology, University of Santiago de Compostela, Spain; ²Dental Technician, Lugo, Spain; ³School of Veterinary of Lugo, University of Santiago de Compostela, Spain

Blanco J, Liñares A, Villaverde G, Pérez J, Muñoz F: Flapless immediate implant placement with or without immediate loading. a histomorphometric study in beagle dog. *J Clin Periodontol* 2010; 37: 937–942. doi: 10.1111/j.1600-051X.2010.01608.x.

Abstract

Objective: To assess the osseointegration process after flapless immediate implant placement with or without immediate loading.

Material and Methods: This study was carried out on six beagle dogs. Four implants were placed in the lower jaw (two per side) in each dog immediately after tooth extraction (3rd and 4th premolars). Flapless immediate implant placement was performed in one hemimandible (control). The same procedure was carried out in the contra-lateral side and immediate prosthesis was connected with occlusal contacts (test). After 3 months of healing, the dogs were sacrificed for histomorphometric analysis.

Results: Twelve implants were placed in each group. None of the implants and prosthesis was lost. The percentage of bone-to-implant contact (BIC %) was similar in both groups: 82.72% (test) and 76.96% (control). Differences were found neither in the inter-thread bone area (test: 83.45%, control: 80.65%) nor in peri-implant bone area (test: 94.37%, control: 94.81%).

Conclusion: In this animal model where the implants were well within the confines of the extraction socket, osseointegration following flapless immediate implant placement and loading can be achieved in the same manner as immediate placement without loading.

Key words: bone healing; flapless surgery; immediate implants; immediate loading

Accepted for publication 29 June 2010

Since the first published work on immediate implants (Schultze et al. 1978), the interest for this technique has increased in the last years. The advantages claimed by various authors are the following: decrease of the num-

ber of surgeries and of the overall treatment time (Lazzara 1989, Parel & Triplett 1990), ideal implant orientation (Werbitt & Goldberg 1992, Schultz 1993), bone preservation in the extraction area (Shanaman 1992, Denissen et al. 1993, Watzek et al. 1995) and optimum aesthetic of the soft tissues (Werbitt & Goldberg 1992).

Recently, it has been suggested (Pao-lantonio et al. 2001) that the placement of immediate implants could maintain the anatomy and the original shape of the alveolar ridge. However, published experimental studies (Botticelli et al.

2004, Araújo et al. 2005) failed to prove this hypothesis. We must emphasize that in these studies, surgery (dental extraction, immediate implant placement) was always performed raising a vestibular and lingual flap.

In this context, we should highlight that the surgical trauma (raising the flap), which implies the detachment of the periosteum and its connective desinsertion to the underneath bone surface, will cause vascular damage and an acute inflammatory response, which will mean the resorption of the exposed bone surface (Wilderman 1963, Staffileno et al.

Conflict of interest and sources of funding statement

This study was supported by Straumann Company (Straumann, Basel, Switzerland).

The authors declare that there are no conflicts of interests in this study.

1966, Wood et al. 1972, Bragger et al. 1988). This could partially explain the dimensional alterations suffered by the alveolus after tooth extraction (Araújo & Lindhe 2005) and by the alveolus after extraction and immediate implant placement (Araújo et al. 2005). In this way, Blanco et al. (2008) showed in the beagle dog that the resorption of the vestibular bone after immediate implant placement is minor when performed without flap, although without statistical significance.

On the other hand, in accordance with the Wolff's Law (Wolff 1892, Frost 1990, 1994), the function and stimulation of the bone lead to the conservation of the integrity of the structure of that tissue. Some authors have suggested that certain loads may increase the amount of mineralized bone at the interface and in the peri-implant bone (Wehrbein et al. 1998, Gotfredsen et al. 2001, Berglundh et al. 2005). In addition, other authors stated that immediate implant loading may stimulate bone formation and thus may influence the early stages of osseointegration (Piattelli et al. 1998, Romanos et al. 2002, 2003). However, Nkenke et al. (2003) did not find any difference between the immediately loaded and unloaded groups.

A recent systematic review (Atieh et al. 2009) assessed the outcomes of immediate single implants with immediate restoration/loading. Ten studies with 629 implants were included. The results demonstrated that immediate single implant restoration/loading in extraction sockets in the aesthetic zone was associated with a significantly higher risk of implant failure (risk ratio of 3.62). However, the bimodal approach (immediate implant placement and loading) showed favourable marginal bone changes after 1 year. The review and meta-analysis supported the potential advantages offered by this bimodal approach, but indicated a higher risk when compared with immediate restoration/loading in healed ridges.

The objective of this study was to assess the influence of flapless immediate implant placement and loading on the osseointegration process in the beagle dog model.

Material and Methods

Once approval from the Ethics Committee of the University of Santiago had been granted, this research was carried out using six beagle dogs. They were

provided by the School of Veterinary Studies at the University of Cordoba, and were installed in the Animal Experimentation Service facility at the Veterinary Teaching Hospital Rof Codina of Lugo. The animals were maintained in individual kennels in a 12:12 light/dark cycle (lights on at 07:00 h) and $22 \pm 2^\circ\text{C}$, with regular chow and tap water. All experiments were performed according to the Spanish Government Guide and the European Community Guide for animal care.

Surgical procedure

Six beagle dogs about 2 years old and 20 kg of weight, were enrolled in the study. During surgical procedures, the animals were premedicated with acepromazine (0.05 mg/kg intramuscularly) and morphine (0.2 mg/kg intravenously). Immediately after, they were induced general anaesthesia by injection of propofol (2 mg/kg intravenously). Isoflurane (1.5–2%) and O_2 (100%) were used as inhaled anaesthetics.

In total, 24 implants were placed in these six dogs. All implants were 8 mm long, 3.3 mm diameter with Standard neck height (2.8 mm), Straumann Dental Implant System (Institute Straumann, Basel, Switzerland). All the implants had a sand-blasted and acid-etched surface (SLA). The implants were placed into fresh extraction sockets, and bone

augmentation procedures were not attempted.

The lower 3rd and 4th premolars were carefully removed, separating the roots by means of tooth hemisectioning with the use of a fissure bur, and extracting them individually with elevators and forceps. After the extraction, immediate implants were placed into the distal sockets of each tooth. Four implants were placed in each dog (two in each hemimandible) according to the manufacturer's protocol (Straumann® Dental Implant System, Basel, Switzerland). The implants were placed so that the marginal level of the (SLA-coated surface was flush with the buccal bone crest. In order to achieve this, the buccal soft tissue height was measured with a periodontal probe immediately before implant installation and having in mind that the smooth surface of the implant had a height of 2.8 mm. Primary stability [implant stability quotient (ISQ) ≥ 60] was measured immediately after implant installation.

Following implant installation, the experimental groups were randomly selected. One hemimandible (test group) received an immediate loading restoration by means of provisional abutments for bridges (Straumann® Dental Implant System) that were splinted by an acrylic stent that remained with occlusal contacts with the antagonist teeth. The occlusion was checked again at sacrifice. The implants in the contra-



Fig. 1. Clinical photographs illustrating the experimental surgery. (a) Extraction of premolar 3 and 4. (b) Flapless immediate implant placement in distal sockets. (c) Immediate loading with a resin provisional screw-retained bridge in the test group. (d) Photograph illustrating the experimental groups.

lateral hemimandible (control group) received short healing caps (1.5 mm height) aiming a non-submerged healing approach without loading (Fig. 1).

During the first week after surgery, the animals received Amoxicillin (500 mg, twice daily) orally and Meloxicam (0.1 mg/kg, once a day) orally. Throughout the experiment, the animals were fed a pellet diet. They were placed on a plaque control regimen that included tooth and implant cleaning three times per week with the use of toothbrush and dentifrice.

After 3 months of healing, the animals were euthanized with an overdose of sodium pentobarbital through the cephalic veins.

Histological preparation

The mandibles were removed and block biopsies of each implant were dissected using an oscillating saw (Donath 1993). The samples were fixed in 10% formalin for 1 week. Next, the samples were dehydrated in different graded ethanol series (70–100%), and infiltrated with four different graded mixtures of ethanol and infiltrating resins, glycometacrylate (Technovit 7200[®], VLC – Heraeus Kulzer GMBH, Werheim, Germany) with 1% of Benzoyl Peroxide (BPO[®], Heraeus Kulzer GMBH). The last infiltration was performed with pure infiltrating resin under vacuum. The samples were then polymerized, first under low-intensity UV light for 4 h, followed by a polymerization under high-intensity UV light for 12 h and finally by keeping the samples heated for 24 h to assure complete polymerization.

The samples were glued to a sample holder. Longitudinal sections in the bucco-lingual direction of 200 µm were cut with a band saw and mechanically polished (Exakt Apparatebau, Norderstedt, Germany) using 1200 and 4000-grit silicon carbide papers (Struers, Copenhagen, Denmark) until 70 µm thick samples were obtained. All sections were stained with Levai Laczo tincture (Laczko & Levai 1975) for both histological examination and histomorphometric analysis.

The samples on the permanent ports were observed using the Olympus[®] SZX9 microscope (Olympus, Tokyo, Japan). By means of the Olympus[®] DP12 digital camera (Olympus), the images were captured and transferred to the computer. With the Microimage[®] program, the points of interest were

identified from the digital histological images in order to subsequently measure the variables. The researcher carrying out the measurements was blind with respect to the group to which each sample belonged. The histological outcomes to analyse were:

- Bone-to-implant contact (%) (BIC %).
- Bone area (inter-thread and peri-implant bone area).

The percentage of BIC was measured within the SLA border surface. To carry out this measurement on the digital image, the entire implant was scanned from SLA border. This was calculated dividing the length of the implant surrounded by bone by the total length of the implant with SLA surface, with the resulting value multiplied by 100. This figure indicates the implant level of integration with the surrounding bone.

The inter-thread bone area was defined as the area of bone inside the threads/complete area inside the threads multiplied by one hundred, starting from the most coronal thread down to the most apical thread.

The peri-implant bone area was measured in the zone from the tip of the threads up to 300 µm horizontally. It was determined as bone area/tissue area multiplied by 100, again starting from the most coronal thread down to the most apical thread (Fig. 2).

Statistical analysis

The statistical analysis was performed using the Sigma-Stat[®] statistics program.

Descriptive statistics were taken for each of the variables and groups (mean values and standard deviation).

To compare the two groups in each variable, the Student's *t*-test for paired observations was used.

The dog was used as the unit for analysis (*n* = 6), using average results across similarly treated implants in the same dog and then compared. *p*-Values < 0.05 were considered statistically significant.

Results

In total, 24 implants were immediately placed following tooth extraction, 12 of them were immediately loaded and the other 12 remained without loading in a non-submerged healing approach. At

the end of the experimental period, none of the implants was lost, and all the restorations were still in service and the occlusal contacts remained in the provisional bridge; however, all restorations showed abrasion of the occlusal aspects.

At the time of surgery, all the immediate implants had an ISQ value over 60, with a mean of 69.41 (range 62–75) and 68.33 (range 60–73) for the immediate loaded and unloaded group, respectively. No statistical significant difference was detected. After 3 months of healing, the ISQ values increased in both groups (Table 1).

Histological observations

The histological study showed that the buccal and lingual mucosa in each implant of both groups were covered by a keratinized oral epithelium that continued from the peri-implant marginal mucosa with the barrier epithelium facing the implants. Apical to this epithelium was an area of fibre-rich connective tissue, which apparently maintained strong contact with the implant. The central and external parts of the buccal and lingual bone plates were made up of lamellar bone characterized by a large density of secondary osteons.

Histomorphometric results

BIC % (Table 2)

The BIC % was higher at the immediate loaded (mean 82.72%, SD 9.54, range 61.37–93.47%) than at the unloaded group (mean 76.96%, SD 10.63, range 59.67–92.51%). The difference was, however, not statistically significant.

Bone area (Table 3)

The inter-thread bone area did not differ for the loaded (mean 83.45%, range 51.39–96.82%) and unloaded group (mean 80.65%, range 48.95–97.02%).

The peri-implant bone area showed no relevant differences between groups (loaded, 94.37%; unloaded, 94.81%).

Discussion

Experimental animal trials of immediate loading implants in healed sites have shown a good level of osseointegration (Piattelli et al. 1998, Romanos et al. 2002, 2003, Nkenke et al. 2003). The

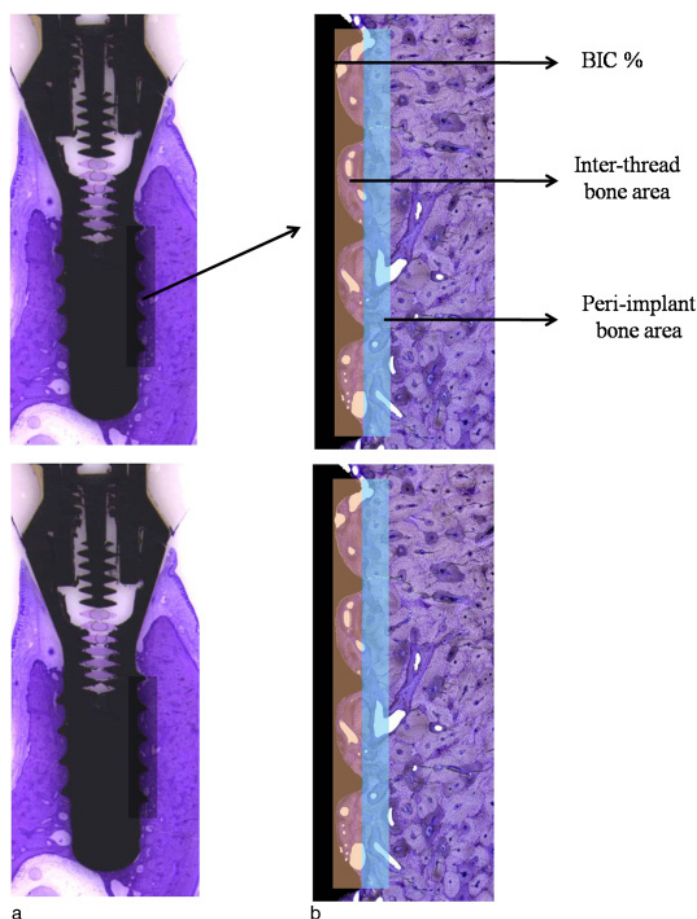


Fig. 2. Histomorphometric analysis. (a) Implant area included for the analysis of the inter-thread and peri-implant bone area. (b) Delimitation of the inter-thread area corresponding to the five threads, and delimitation of the peri-implant area from the picks of the threads up to 300 μm horizontally. Leiva Laczkó staining method. Original magnification $\times 8$ and inset $\times 30$.

Table 1. Implant Stability Quotient values (ISQ)

	Loading		No loading	
	baseline	3 months	baseline	3 months
Mean	69.41	73.08	68.33	74.25
SD	3.67	5.43	4.16	5.31
Minimum	62	60	60	65
Maximum	75	79	73	80
p-value	0.062		0.016	

results of the present research are consistent with the above-mentioned studies. In addition, clinical trials have shown that immediate loading of dental

implants can be achieved with good long-term success for removable and fixed prostheses (Chiapasco 2004, Galucci et al. 2004, Schincaglia et al.

Table 2. Bone-to-implant contact percentage (BIC %)

	BIC %	
	loading	no loading
Mean	82.72	76.96
SD	9.54	10.63
Minimum	61.37	59.67
Maximum	93.47	92.51

2007). In the present study, none of the implants and prosthesis was lost.

Dental implant primary stability has been demonstrated to be a key factor for implant survival rates. Sennerby & Meredith (1998) found the resonance frequency analysis technique to be helpful in deciding when to replace an immediately loaded temporary prosthesis with a permanent prosthesis after implant placement. Östman and colleagues (Östman et al. 2005, Östman 2008) reported low failure rates when using an ISQ of 60 as an inclusion criterion for immediate loaded implants in totally edentulous maxillae and in posterior mandibles. Schincaglia et al. (2007) carried out a randomized controlled trial, where patients received immediate loading of dental implants supporting fixed partial dentures in the posterior mandible, in which one side received machined-surface implants whereas the other received oxidized-surface implants. At implant placement, they recorded the maximum insertion torque and ISQ values. After 1 year of function, no implants were lost in the oxidized-surface group and two were lost in the machined-surface group. ISQ and insertion torque values for both groups of implants were similar. The authors concluded that implants placed in the posterior mandible, inserted with $\geq 20 \text{ N cm}$ and ISQ value ≥ 60 , may be considered for being immediately loaded in partially dentate patients. Values above an ISQ of 60, as results obtained with the implants in this study, indicate a favourable response to immediate loading, while low ISQ values may be indicative of overload and ongoing failure. However, no clinical conclusions should be extrapolated from the present investigation, as the above-mentioned studies were performed in humans and with longer follow-up.

In the present study, it has been shown that osseointegration can be achieved following immediate implant

Table 3. Bone area percentage (inter-thread and peri-implant bone area)

	Inter-thread bone area (%)				Peri-implant bone area (%)			
	mean	SD	maximum	minimum	mean	SD	maximum	minimum
Loading	83.45	13.33	96.82	51.39	94.37	5.3	99.73	80.55
No loading	80.65	12.12	97.02	48.95	94.81	4.67	99.52	82.58
<i>p</i> -value	NS				NS			

NS, not significant.

placement with or without immediate loading. The amount of osseointegration measured as the percentage of BIC was similar in both groups and was not influenced by the loading protocol. The BIC % achieved in this study is in agreement with previously reported experimental models in dogs (Araújo et al. 2005, 2006, Blanco et al. 2008, de Sanctis et al. 2009) with similar type of implants. In a study by Mangano et al. (2009) in a non-human primate *Papio ursinus* model, with immediate implants and immediate loading *versus* no loading (submerged), they obtained a BIC % of 86.85% for the immediate loading group and 86.02% for the unloaded group, and these findings are in agreement with the results achieved in our study. In the same way is the study by Nkenke et al. (2003) in the mandible of minipigs. The results of their study reveal that the BIC, bone density and bone mineral apposition rate do not differ for loaded and unloaded implants during the observation period. However, Berglundh et al. (2005), in a study in the beagle dog analysing the bone tissue reactions to longstanding functional loading, showed a higher degree of BIC in the loaded group. One reason for these results could be the 10 months of follow up *versus* the 3 months in the present study. Therefore, it appears that immediate loading has no adverse effects on the new bone formation.

In summary, it can be concluded with the results of the present study that osseointegration can be achieved following flapless immediate implant placement with or without immediate loading. The bimodal approach (immediate placement and loading) may be a safe protocol if sufficient primary stability is obtained at implant installation.

References

Araújo, M. G. & Lindhe, J. (2005) Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *Journal of Clinical Periodontology* **32**, 212–218.

- Araújo, M. G., Sukekava, F., Wennstrom, J. L. & Lindhe, J. (2005) Ridge alterations following implant placement in fresh extraction sockets: an experimental study in the dog. *Journal of Clinical Periodontology* **32**, 645–652.
- Araújo, M. G., Wennstrom, J. L. & Lindhe, J. (2006) Modeling of the buccal and lingual bone walls of fresh extraction sites following implant installation. *Clinical Oral Implants Research* **17**, 606–614.
- Atieh, M. A., Payne, A. G., Duncan, W. J. & Cullinan, M. P. (2009) Immediate restoration/loading of immediately placed single implants: is it an effective bimodal approach? *Clinical Oral Implants Research* **20**, 645–659.
- Berglundh, T., Abrahamsson, I. & Lindhe, J. (2005) Bone reactions to longstanding functional load at implants: an experimental study in dogs. *Journal of Clinical Periodontology* **32**, 925–932.
- Blanco, J., Nuñez, V., Aracil, L., Muñoz, F. & Ramos, I. (2008) Ridge alterations following immediate implant placement in the dog: flap *versus* flapless surgery. *Journal of Clinical Periodontology* **35**, 640–648.
- Botticelli, D., Berglundh, T. & Lindhe, J. (2004) Hard tissue alterations following immediate implant placement in extraction sites. *Journal of Clinical Periodontology* **31**, 820–828.
- Bragger, U., Pasqualli, L. & Kornman, K. S. (1988) Remodeling of interdental alveolar bone after periodontal flap procedure assessed by means of computer-assisted densitometer image analysis (CADIA). *Journal of Clinical Periodontology* **15**, 558–564.
- Chiapasco, M. (2004) Early and immediate restoration and loading of implants in completely edentulous patients. *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* **19** (Suppl.), 76–91.
- Denissen, H. W., Kalk, W., Veldhuis, H. A. & van Waas, M. A. (1993) Anatomic consideration for preventive implantation. *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* **82**, 191–196.
- de Sanctis, M., Vignoletti, F., Discepoli, N., Zucchelli, G. & Sanz, M. (2009) Immediate implants at fresh extraction sockets: bone healing in four different implant systems. *Journal of Clinical Periodontology* **36**, 705–711.
- Donath, K. (1993) *Preparation of Histological Sections (by the Cutting-Grinding Technique for Hard Tissue and other Material not Suitable to be Sectioned by Routine Methods) – Equipment and Methodological Performance*. Norderstedt: EXAKT – Kulzer Publication.
- Frost, H. M. (1990) Skeletal structural adaptations to mechanical usage (SATMU): 1. Redefining Wolff's law: the bone modelling problem. *The Anatomical Record* **226**, 403–413.
- Frost, H. M. (1994) Wolff's law and bone's structural adaptation to mechanical usage: an overview for clinicians. *The Angle Orthodontics* **64**, 175–188.
- Gallucci, G. O., Bernard, J. P., Bertosa, M. & Belser, U. C. (2004) Immediate loading with fixed screw-retained provisional restorations in edentulous jaws: the pickup technique. *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* **19**, 524–533.
- Gotfredsen, K., Berglundh, T. & Lindhe, J. (2001) Bone reactions adjacent to titanium implants subjected to static load of different duration. A study in the dog (III). *Clinical Oral Implants Research* **12**, 552–558.
- Laczko, J. & Levai, G. (1975) A simple differential staining method for semi-thin sections of ossifying cartilage and bone tissues embedded in epoxy resin. *Mikroskopie* **31S**, 1–4.
- Lazzara, R. M. (1989) Immediate implant placement into extraction sites: surgical and restorative advantages. *The International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry* **9**, 333–343.
- Mangano, C., Piatelli, A., Mangano, F., Perrotti, V. & Iezzi, G. (2009) Immediate loading of modified acid etched dental implants in postextraction sockets: a histological and histomorphometrical comparative study in nonhuman primate *papio ursinus*. *Implant Dentistry* **18**, 142–150.
- Nkenke, E., Lehner, B., Weinzierl, K., Thams, U., Neugubauer, J., Steveling, H., Radespiel-Tröger, M. & Neukam, F. W. (2003) Bone contact, growth, and density around immediately loaded implants in the mandible of mini pigs. *Clinical Oral Implants Research* **14**, 312–321.
- Östman, P. O. (2008) Immediate/early loading of dental implants. Clinical documentation and presentation of a treatment concept. *Periodontology* **2000** **47**, 90–112.
- Östman, P. O., Hellman, M. & Sennerby, L. (2005) Direct implant loading in the edentulous maxilla using a bone density-adapted surgical protocol and primary implant stability criteria for inclusion. *Clinical Implant Dentistry and Related Research* **7**, 60–69.
- Paolantonio, M., Dolci, M., Scarano, A., d'Archivio, D., Placido, G., Tumini, V. & Piatelli, A. (2001) Immediate implantation in fresh extraction sockets. A controlled clinical and histological study in man. *Journal of Periodontology* **72**, 1560–1571.
- Parel, S. M. & Triplett, R. G. (1990) Immediate fixture placement: a treatment planning alternative. *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* **54**, 337–345.
- Piatelli, A., Corigliano, M., Costigliola, G. & Paolantonio, M. (1998) Immediate loading of titanium plasma-sprayed implants: a histologic analysis in monkeys. *International Journal of Periodontology* **69**, 321–327.
- Romanos, G. E., Toh, C. G., Siar, C. H. & Swaminathan, D. (2002) Histologic and histomorphometric evaluation of peri-implant bone subjected to immediate loading: an experimental study with *Macaca fascicularis*. *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* **17**, 44–51.
- Romanos, G. E., Toh, C. G., Siar, C. H., Wicht, H., Yacoub, H. & Nentwig, G. H. (2003) Bone-implant interface around titanium implants under different loading conditions: a histomorphometrical analysis in the *Macaca fascicularis* monkey. *Journal of Periodontology* **74**, 1483–1490.
- Schincaglia, G. P., Marzola, R., Scapoli, C. & Scotti, R. (2007) Immediate loading of dental implants supporting fixed partial dentures in the posterior mandible: a randomized controlled split-mouth study-machined *versus* titanium oxide implant surface. *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* **22**, 35–46.
- Schultz, A. J. (1993) Guided tissue regeneration (GTR) of nonsubmerged implants in immediate extraction sites. *Practical Periodontics and Aesthetic Dentistry* **52**, 59–65.
- Schultze, W., Kleinkenscheidt, H., Linder, K. & Schareyka, R. (1978) The tubing immediate implant in clinical studies. *Dtsch Zahnärztl Zeitschr* **33**, 348–359.
- Sennerby, L. & Meredith, N. (1998) Resonance frequency analysis: measuring implant stability and

- osseointegration. *Compendium of Continuing Education in Dentistry* **19**, 500–502.
- Shanaman, R. H. (1992) The use of guided tissue regeneration to facilitate ideal prosthetic placement of implants. *The International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry* **12**, 256–265.
- Staffileno, H., Levy, S. & Gargiulo, A. (1966) Histologic study of cellular mobilization and repair following a periosteal retention operation via split thickness mucogingival flap surgery. *Journal of Periodontology* **37**, 117–131.
- Watzek, G., Haider, R., Mendsdorff-Pouilli, N. & Haas, R. (1995) Immediate and delayed implantation for complete restoration of the jaw following extraction of all residual teeth: a retrospective study comparing different types of serial immediate implantation. *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* **105**, 561–567.
- Wehrbein, H., Merz, B. R., Hämmerle, C. H. & Lang, N. P. (1998) Bone-to-implant contact of orthodontic implants in humans subjected to horizontal loading. *Clinical Oral Implants Research* **9**, 348–353.
- Werbitz, M. J. & Goldberg, P. V. (1992) The immediate implant: bone preservation and bone regeneration. *The International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry* **12**, 207–217.
- Wilderman, M. N. (1963) Repair after a periosteal retention procedure. *Journal of Periodontology* **34**, 487–503.
- Wolff, J. (1892) *Das Gesetz der transformation der knochen*. Berlin: A. Hirschwald.
- Wood, D. L., Hoag, P. M., Donnenfeld, O. W. & Rosenberg, D. L. (1972) Alveolar crest reduction following full and partial thickness flaps. *Journal of Periodontology* **43**, 141–144.

Address:
 Juan Blanco
 Department of Stomatology
 School of Medicine and Odontology
 University of Santiago de Compostela
 C/Entreríos s/n.
 15705. Santiago de Compostela
 Spain
 E-mail: jblanco@blancoramos.net

Clinical Relevance

Scientific rationale for the study: There is an increasing interest in immediate implant placement and immediate loading protocols, but from a biological point of view there are some aspects (osseointegration process, bone resorption, etc.) that are necessary to be clarified before recommending such a technique in daily practice. The results

of an experimental study in the beagle dog are shown, where flapless immediate implant placement and immediate loading are compared with flapless immediate implant placement without loading.

Principal findings In this animal model study where the implants were well within the confines of the extraction socket, osseointegration following

flapless immediate implant surgery and immediate loading can be achieved in the same manner as immediate placement without loading. *Practical implications:* According to this study, osseointegration of immediate implant placement with immediate loading is achieved in the same way as immediate implant placement alone.